

Jaakko Viertola

KORKEAN RAKENTAMISEN LOGISTIIKKAMALLI

Rakennetun ympäristön tiedekunta
Diplomityö
Syyskuu 2019

TIIVISTELMÄ

Jaakko Viertola: Korkean rakentamisen logistiikkamalli
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Rakennustuotanto ja -talous
Syyskuu 2019

Rakennusala on tunnettu heikosta tuottavuudestaan vuosikymmenien ajan. Logistiikan kustannukset ovat merkittävä osa koko rakennushankkeen kustannuksista ja siten tärkeä parantamisen osa-alue urakoitsijoille. Korkean rakentamisen määrät maailmalla ovat kasvussa kuten myös kiinnostus sitä kohtaan Suomessa. Korkeassa rakentamisessa logistiikan kustannusten arvioidaan olevan tavallista korkeampia johtuen sen luonteesta. Tästä johtuen sen suunnitteluun tulee kiinnittää erityistä huomiota.

Tässä tutkimuksessa käsitellään logistiikkaa Suomen talonrakennusmarkkinoilla erityisesti korkeassa rakentamisessa. Tutkimusprosessiin sisältyy kirjallisuustutkimuksen ja tapaustutkimuksen toteutus. Tutkimuksen päätavoitteena on esitellä malli järjestää logistiikka korkean rakentamisen kohteessa ja arvioida sen soveltuvuutta Suomessa.

Kirjallisuustutkimuksessa kuvataan aluksi lyhyesti tuotannonhallintaa ja sen toteutusta lean-periaatteella. Tuotannonhallinnan tehtävänä on varmistaa rakennushankkeen tavoitteiden mukainen toteutus. Lean-ajattelua voidaan tiivistää virtauksen luomiseksi, jatkuvan parantamisen kulttuuriksi ja imuohjauksen käytöksi.

Korkean rakentamisen konteksti kuvataan lyhyesti sen trendin, määritelmien ja ominaispiirteiden kautta. Vuonna 2019 arvioidaan toteutuvan enemmän korkean rakentamisen kohteita kuin koskaan, valtaosa korkean rakentamisen määritelmistä ovat subjektiivisia ja korkean rakentamisen luonteeseen kuuluvat mm. tavallista matalampi tilankäytön tehokkuus sekä suurempi määrä talotekniikkaa ja rakennusmateriaaleja.

Logistiikkaa käsittelevässä kirjallisuustutkimuksessa kuvataan geneeristä logistiikkaa ja rakennusalan kontekstiin sidottua logistiikkaa. Tärkeimpiä havaintoja olivat, että logistiikkaa suunniteltaessa työmaata on ajateltava kokonaisuutena ja että toimitusten kehittämisen työkaluna on käytettävä mittaamista.

Tapaustutkimuksen osalta esitetään tutkimusmenetelmä, sen suunnittelu, toteutus, tehdyt havainnot ja tapaustutkimuksen havaintojen soveltaminen Suomessa korkeassa rakentamisessa. Kohdeyrityksessä materiaalin fyysinen käsittely oli ulkoistettu aliurakoitsijoille, joiden toimituksia ohjattiin ja valvottiin tarkasti. Päivittäisestä logistiikan johtamisesta oli vastuussa logistiikkakoordinaattori. Logistiikan suunnittelu oli kokonaisvaltaista ja useita korkean rakentamisen aiheuttamia suunnittelun periaatteita kuvattiin. Tapaustutkimuksessa esitettiin myös erilaisia käytettyjä logistisia suunnitelmia sekä käytetyt logistiset laitteet ja ohjelmat. Logistista mallia esitettiin työpajassa, jonka tulokset raportoitiin. Mallin vastuunjakoa pidettiin hyvänä, suunnitelmien visuaalisuutta arvostettiin ja siirtolaitteiden käyttöasteen nostamista pidettiin tärkeänä.

Diplomityön rajallisuus opinnäytetyönä mahdollisti vain suppean tutkimuksen. Tapaustutkimuksen havainnot perustuivat vain yhden kohdeyrityksen toimintaan toimintaympäristössään eikä sitä siten voida yleistää suoraan. Esitelty malli voi kuitenkin toimia virikkeenä logistiselle suunnittelulle, koska kohdekohtaiset erot tulee aina huomioida.

Jatkotutkimuksen kohteeksi esitetään menetelmää siirtolaitteiden optimaaliseen määrittämiseen, koska nykyisellään sen valintaan ei kyetty perustella muuta kuin kokemuksella.

Avainsanat: korkea rakentaminen, logistiikka, logistiikkamalli, logistinen suunnittelu, tapaustutkimus, lean, rakennustuotanto, tuotannonhallinta

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Jaakko Viertola: Logistics model for high-rise construction
Master of Science Thesis
Tampere University
MSc in Construction Management and Economics
September 2019

The construction industry has been known for its poor productivity for decades. Costs of logistics are a significant part of the total cost of a construction project and thus an important area for improvement for contractors. The volume of high-rise construction is growing worldwide as is the interest toward it in Finland. The cost of logistics in high-rise construction is estimated to be higher than usual due to its nature. Therefore, special attention should be paid to the designing of logistics.

This study deals with logistics in the Finnish building construction market, especially in high-rise construction. The research process includes the implementation of a literature study and a case study. The main aim of the study is to present a model for logistics in a high-rise construction site and to evaluate its suitability in Finland.

The literature study starts with briefly describing production management and its implementation on a lean basis. The goal of production management is to ensure the fulfillment of the construction project according to the given objectives. Lean thinking can be condensed to be: creating flow, a culture of continuous improvement and the use of pull control.

The context of high construction is briefly described in terms of its trend, definitions, and characteristics. The description reveals that in the year 2019, it is estimated that more high-rise construction projects will be completed than ever, most definitions of high-rise buildings are subjective and that high-rise buildings can be described to have a lower space efficiency as well as a greater amount of building services and material compared to low-rise.

The literature study on logistics describes generic logistics and contextualised logistics in the construction industry. The most important observations were that when planning logistics, the site should be considered as a whole and that measurement should be used as a tool for developing deliveries.

The case study presents the research method, its design, implementation, observations and application of the findings of the case study in high-rise construction in Finland. In the target company, the physical handling of the material had been outsourced to subcontractors whose deliveries were carefully controlled and monitored. The Logistics Coordinator was responsible for day-to-day logistics management. The planning of the logistics was comprehensive and several of the design principles of high-rise construction were described. The case study also presented the various logistic plans used as well as the logistic equipment and software used. The logistic model was presented at a workshop, the results of which were reported. The division of responsibilities regarding logistics in the model was considered good, the visuality of the plans was appreciated and the utilization rate of the hoisting equipment was considered important.

The finite nature of a Master's thesis only enabled a limited research. The findings of the case study were based on the activities of only one target company in its operating environment and thus cannot be generalized directly. However, the model presented can serve as a stimulus for logistical planning, as site-specific differences must always be taken into account.

A method for the optimal determination of hoisting devices is proposed for further study, as at present there were no means to justify its choice apart from experience

Keywords: high-rise construction, logistics, logistics model, logistics design, case study, construction management, production management

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on laadittu yhteistyössä SRV Rakennus Oy:n ja Tampereen yliopiston kanssa. Diplomityön vastuuohjaajana toimi professori Arto Saari, SRV:n puolesta diplomityötä ohjasi DI Antti Aaltonen. Kiitos ohjaajille!

Haluan osoittaa erityiset kiitokset koulukavereille kaikista lukemattomista kirjastossa vietyistä tunteista; kiitos Eero, Esa, JJ, Tommi ja Ville. Kiitos muillekin koulu- ja työkavereille, joilta olen oppinut valtavasti. Kiitos perheelle ja ystäville. Kiitos opiskelijavaihdon ystäville.

Helsingissä, 24.9.2019

Jaakko Viertola

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Tuotannonhallinta.....	3
1.1.1 Talonrakennushankkeen tuotannonhallinta	3
1.1.2 Lean tuotannonhallinta	4
1.2 Korkea rakentaminen	8
1.2.1 Korkean rakentamisen trendi	8
1.2.2 Korkean rakentamisen määrittely	10
1.2.3 Korkean rakentamisen ominaispiirteet	13
2. LOGISTIIKKA.....	16
2.1 Geneerinen logistiikka.....	16
2.1.1 Logistiikan kehittyminen	17
2.1.2 Toimitusketjun suunnittelu	19
2.1.3 Logistiikan ulkoistaminen	20
2.2 Logistiikka Rakennusallalla	22
2.2.1 Toimitusvaihtoehtojen jaottelu	23
2.2.2 Toimitusten suunnittelu ja ohjaus	27
2.3 Toimitusten kehittäminen	31
2.3.1 Työmaatoimitusten mittaaminen.....	31
2.3.2 Työmaatoimitusten kehityskohteet	32
3. TAPAUSTUTKIMUS KORKEAN RAKENTAMISEN LOGISTIIKASTA	35
3.1 Tapaustutkimus menetelmänä	35
3.1.1 Datan kerääminen	35
3.1.2 Toteutuksen periaatteet.....	37
3.1.3 Datan analysointi.....	37
3.2 Tapaustutkimuksen suunnittelu.....	37
3.3 Tapaustutkimuksen toteutus	38
3.4 Tapaustutkimuksen havainnot.....	39
3.4.1 Logistiset vastuut.....	39
3.4.2 Logistinen suunnittelu.....	40
3.4.3 Logistiset suunnitelmat.....	43
3.4.4 Logistiset laitteet ja ohjelmat	49
3.5 Tapaustutkimuksen havaintojen soveltaminen Suomessa korkeassa rakentamisessa	52
3.5.1 Logistiikan vastuunjako	52
3.5.2 Logistiset suunnitelmat.....	52
3.5.3 Logistiset laitteet ja ohjelmat	53
4. TUTKIMUSTULOSTEN POHDINTA	54
4.1 Keskeiset tulokset ja niiden vertailu aiempiin tutkimuksiin.....	54
4.1.1 Logistiset vastuut.....	54
4.1.2 Logistinen suunnittelu.....	55
4.1.3 Logistiset suunnitelmat.....	58
4.1.4 Logistiset laitteet ja ohjelmat	58
4.2 Tutkimuksen kritiikki	59
4.3 Tulosten yleistettävyys	62
5. JOHTOPÄÄTÖKSET	63
LÄHTEET	65

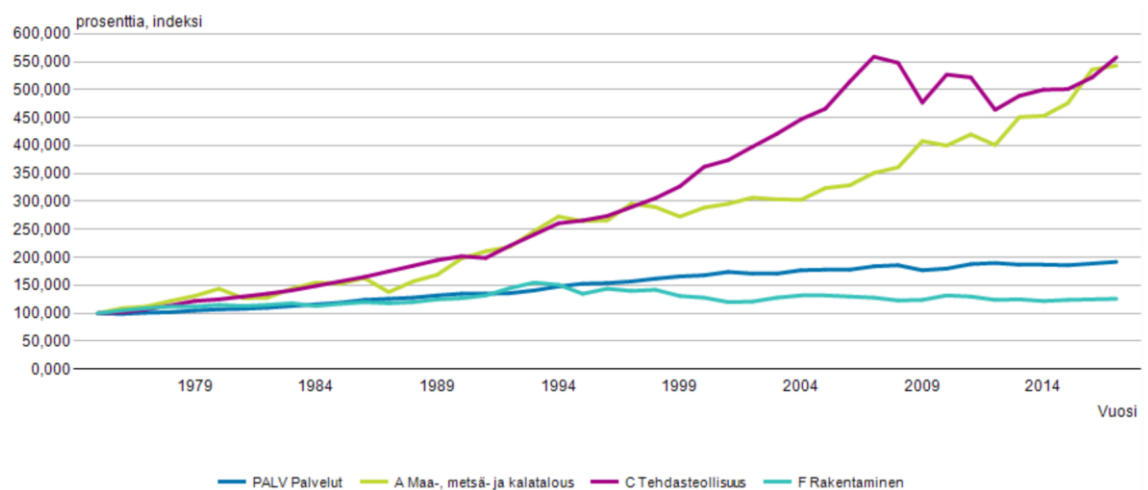
LIITE A: TORONTON LOGISTIIKKAMALLIN KOMMENTOINTILOMAKE

KUVALUETTELO

Kuva 1.	Arvonlisäykseen perustuvan työn tuottavuus toimialoittain (Tilastokeskus 2018)	1
Kuva 2.	Tehokkuusmatriisi (Muokattu lähteestä: Modig & Åhlstöm 2018)	6
Kuva 3.	Yli 200 metriä korkeat rakennukset valmistumisvuosittain. (Muokattu lähteestä CTBUH 2019)	9
Kuva 4.	Yli 200 metriä korkeiden rakennusten kokonaismäärät. (Muokattu lähteestä CTBUH 2019)	10
Kuva 5.	Havainnollistava kuva rakennuksen suhteellisesta korkeudesta. (CTBUH 2019)	11
Kuva 6.	Havainnollistava kuva rakennuksen mittasuhteista. (CTBUH 2019)	11
Kuva 7.	Havainnollistava kuva korkeille rakennuksille ominaisista teknologioista. (CTBUH 2019)	12
Kuva 8.	Esimerkki Willis Towerin ja Petronas Towersin korkeuden eri määrittelytavoista. (CTBUH 2019)	12
Kuva 9.	Maailman korkeimmat rakennukset korkeusjärjestyksessä, kun kriteerinä on korkeus arkkitehtoniseen huippuun. (CTBUH 2019)	13
Kuva 10.	Logistiikan kustannusten muodostuminen Euroopan merkittävimmissä talouksissa. (Muokattu lähteestä: Rushton ym. 2006)	18
Kuva 11.	Toimituskanavan struktuurin suunnittelu. (Muokattu lähteestä: Rushton ym. 2006)	19
Kuva 12.	Toimitusten jaottelu tuotetyyppien, toimituskanavien ja toimitustapojen mukaisesti. (Riihimäki ym. 2009)	23
Kuva 13.	Vakiotuotteiden hankintaketjun päävaiheet (Riihimäki ym. 2009)	24
Kuva 14.	Projektikohtaisen tuotteen hankintaketjun päävaiheet. (Riihimäki ym. 2009)	25
Kuva 15.	Työmaahan haitallisesti tai neutraalisti vaikuttaneiden, toimitusmenettelyjen poikkeamien aiheutussyyt ja niiden ilmeneminen (Riihimäki ym. 2009)	33
Kuva 16.	Tyypillinen aluesuunnitelma	44
Kuva 17.	Mallinnettuja ajoneuvojen ajoratoja materiaalin purkualueille.	44
Kuva 18.	Ulkopuoliset rakennushissit havainnollistettu poikkileikkauksin	45
Kuva 19.	Nosturit ja niiden käyttöalueet havainnollistettuna poikkileikkauksin	46
Kuva 20.	Rakennushissit kuvattuna kohteen tietomallissa	47
Kuva 21.	Kuvasarjassa kuvankaappaukset 4D-visualisoinnista hankkeen maanrakennus-, runko- ja sisätyövaiheista	48
Kuva 22.	Neuvotteluhuoneen ohjaustyökaluja: Seinillä aluesuunnitelmien lisäksi 4D-visualisoinnit ja pöydällä fyysinen 3D-malli.	49
Kuva 23.	Varausjärjestelmän toimitusten aikataulu esimerkkiprojektissa	50
Kuva 24.	Varausjärjestelmän tuottamaa dataa toimituksista esimerkkiprojektissa	51

1. JOHDANTO

Rakennusala on tunnettu heikosta tuottavuudestaan vuosikymmenien ajan (Keskiniva ym. 2018). Tuottavuuden lisäksi myös työturvallisuus on huomattavasti muita toimialoja jäljessä ja laatuakin pidetään riittämättömänä (Koskela 2000). Teollisuuden työn tuottavuus on moninkertaistunut viimeisen neljänkymmenen vuoden aikana samalla kun rakennusosalalla työn tuottavuus on jämähtänyt 1970-luvulle (Lohilahti & Mölsä 2017). Kuvassa 1 on esitetty arvonlisäykseen perustuvan työn tuottavuutta toimialoittain indeksoituna.



Kuva 1. Arvonlisäykseen perustuvan työn tuottavuus toimialoittain (Tilastokeskus 2018)

Kuvasta 1 nähdään, kuinka vuodesta 1975 vuoteen 2017 tehdasteollisuuden tuottavuus on parantunut 458 %. Samalla ajanjaksolla rakentamisen tuottavuus on parantunut ainoastaan 26 %. Lohilahden ja Mölsän (2017) mukaan taustalla on useita syitä kuten perinteinen hankemalli ja vuorovaikutuksen puute, jotka johtavat eri osapuolten väliseen riitelyyn.

Seppänen (2018) arvioi asentajien käyttävän nykyprosessissa vain 30 % työajastaan tuottavaan työhön ja loppu menee tavaroiden haalaamiseen, työkalujen etsimiseen, asioiden selvittelyyn ja muuhun arvoa tuottamattomaan toimintaan. Tuottavuutta voidaan helpoiten nostaa vähentämällä tätä hukattua aikaa. Logistiikan kustannukset ovat merkittävä osa koko hankkeen kustannuksista ja siten tärkeä parantamisen osa-alue urakoitsijoille (Seppänen & Peltokorpi 2016).

Kirjallisuudessa on esitetty laajasti ratkaisuja erilaisiin logistisiin haasteisiin rakentamisessa. Keskitetyt logistiikkakeskukset, jotka usein sisältävät niputtamisen (engl. kitting), ovat usein esitetty ratkaisu. Monet lähteet korostavat aikataulutusta ja täsmätoimituksia (engl. Just-in-time deliveries). Myös digitaalisia ratkaisuja, kuten simulointeja tai optimointeja, nettiperusteisia järjestelmiä ja tietomallintamiseen perustuvia ratkaisuja esitettiin usein. Muita ratkaisuja olivat mm. erillisen logistiikkaurakoitsijan käyttö, standardisointi tai esivalmistus ja materiaalivaraston mitoitus tai optimointi. (Seppänen & Peltokorpi 2016)

Huonosti hoidettuna toimitusten suunnittelu ja ohjaus johtavat ongelmien konkretisoitumiseen rakentamisvaiheessa. Tyypillisiä seurauksia ovat töiden viivästyminen toimitusten myöhästyessä, tuotteiden vaurioituminen virheellisen tai pitkän varastoinnin takia, ylimääräiset siirtokerrat työmaalla, työnjohdon ajan kuluminen toimitusongelmien ratkomiseen sekä kiiretoimituksien ja rautakauppanoutojen aiheuttamat turhat kustannukset. (Riihimäki ym. 2009)

Korkeassa rakentamisessa paremman logistiikanhallinnan avulla kustannussäästöjen tavoittelemisen on erityisen tärkeää, sillä Lindroosin ym. (2011) mukaan niiden investointikustannukset ovat kokonaisuudessaan isommat verrattuna matalampaan rakentamiseen. Ne myös sisältävät suhteellisen pienessä pinta-alassa ja hoikassa rungossa huomattavasti enemmän talotekniikkaa ja rakennusmateriaaleja tavanomaiseen rakennukseen verrattuna.

Tässä tutkimuksessa käsitellään logistiikka Suomen talonrakennusmarkkinoilla erityisesti korkeassa rakentamisessa. Tutkimus on toteutettu välillä helmikuu – syyskuu 2019. Tutkimusprosessiin sisältyy kirjallisuustutkimuksen ja tapaustutkimuksen toteutus. Tapaustutkimus valittiin menetelmäksi, koska se Yinin (2014) mukaan soveltuu erityisesti kompleksisten tutkimuskohteiden ymmärtämiseen, tuottamalla kokonaisvaltaisen ja todelliseen maailmaan kytkeytyneen kuvauksen. Tutkimuksen päätavoitteena on esitellä malli järjestää logistiikka korkean rakentamisen kohteessa ja arvioida sen soveltuvuutta Suomessa. Siten vastataan pääkysymykseen: ”Miten korkean rakentamisen logistiikka eroaa tavallisesta rakentamisesta?”

Aihetta lähestytään näkökulmasta, jossa logistiikka on tuotannonhallinnan yksi osa-alue. Tuotannonhallinnan muodostuu tuotannonsuunnittelusta, valvonnasta ja ohjauksesta (Junnonen 2010), jotka kaikki sisältävät logistisia toimia. Tuotannonhallintaa voidaan toteuttaa eri periaattein, joista Suomessa on pääosin käytetty työntöperiaatetta (Koskenvesa & Sahlstedt 2011). Tässä tutkimuksessa tuotannonhallintaa lähestytään lean-periaatteella, joka Koskenvesan ja Sahlstedtin (2011) mukaan painottaa virtauksen merkitystä muunnoksessa ja arvontuotossa. Tuotannonhallinta lyhyesti ja lean-periaate on esitelty johdannon alaluvussa 1.1. Alaluvun perusteella voidaan peilata korkean rakentamisen logistiikkamallia lean-periaatteisiin ja arvioida kuinka virtaustehokkuutta lisätään ja hukkaa minimoidaan eri keinoin.

Tutkimuksen kontekstina on korkea rakentaminen, joka kuvataan johdannon alaluvussa 1.2. Alaluvussa käsitellään korkean rakentamisen trendi, jotta saadaan käsitys sen maailmanlaajuisesta kasvusta ja nykyisestä kiinnostuksesta Suomessa, korkean rakentamisen määritelmiä perustuen suomalaisiin ja kansainvälisiin määritelmiin, jotta konteksti määritellään sekä korkean rakentamisen ominaispiirteet, jotta kuvataan sen toimintaympäristöä ja teknistaloudellisia piirteitä.

Luvussa 2 raportoidaan kirjallisuustutkimuksen tulokset logistiikasta. Luku jakautuu kolmeen osa-alueeseen, joista ensimmäinen käsittelee geneeristä logistiikkaa, toinen rakennusalan kontekstiin sidottua logistiikkaa ja kolmas toimitusten kehittämistä rakennustyömaan näkökulmasta. Luvun alataavoitteena on muodostaa kokonaiskuva logistiikan toimintaympäristöstä yleisesti, rakennusalaan sidotun logistiikan hyvistä toimintamenetelmistä sekä esitellä keinoja parantaa logistista prosessia työmailla.

Luvussa 3 raportoidaan tapaustutkimus (engl. case study) korkean rakentamisen logistiikasta. Aluksi esitellään tapaustutkimus menetelmänä, tämän jälkeen tapaustutkimuksen suunnittelu, toteutus, tehdyt havainnot ja tapaustutkimuksen havaintojen soveltaminen Suomessa korkeassa rakentamisessa. Tapaustutkimuksen havainnot on järjestetty aihealueittain, jotka ovat: logistiset vastuut, suunnittelu, suunnitelmat sekä laitteet ja ohjelmat. Nämä aihealueet muodostuivat havaintojen raportoinnin luonnollisiksi kategorioiksi mm. haastattelujen, tehtyjen havaintojen ja tarkasteltujen asiakirjojen perusteella. Tapaustutkimuksen havaintoja esiteltiin Suomessa työpajassa 15 henkilölle, jotka edustivat monipuolisesti rakennusorganisaation eri toimihenkilöitä ja tilaisuudesta kerättiin kirjallista ja suullista palautetta siitä, kuinka esiteltyä korkean rakentamisen mallia voisi hyödyntää Suomessa. Tämän työpajan tuloksia esitellään alaluvussa 3.5. Luvun alatavoitteena on kuvata tapaustutkimus tutkimusmenetelmänä ja malli, jolla korkean rakentamisen logistiikka voidaan järjestää sekä perustuen työpajaan raportoida ko. mallin hyviä käytäntöjä ja mahdollisia haasteita, jos niitä sovelletaan suomalaisessa rakentamisessa.

Luvussa 4 esitetään tutkimuksen pohdinta eli keskeiset tulokset ja niiden vertailu aiempiin tutkimuksiin, tutkimuksen kritiikki ja tulosten yleistettävyyys. Luvussa tavoitteena on vastata tutkimuksen pääkysymykseen ja arvioida kuinka tutkimuksen tavoitteet saavutettiin sekä kuinka yleistettäviä tulokset ovat.

Luvussa 5 esitetään tutkimuksen johtopäätökset tiiviisti sekä jatkotutkimuskohteet.

1.1 Tuotannonhallinta

Tässä alaluvussa esitellään tuotannonhallintaa talonrakennushankkeessa laajempänä kokonaisuutena, johon logistiikka liittyy sekä lean-periaatteet, joiden näkökulmasta tuotannonhallintaa lähestytään.

1.1.1 Talonrakennushankkeen tuotannonhallinta

Projekti on ainutkertaisen tuotteen, palvelun tai tuloksen aikaansaamista ja sen luonteen mukaisesti sillä on selkeä alkua ja loppu. Projektin kesto voi olla muutamista tunneista vuosiin. Projektien lopputuotteet ovat kokonaisuudessaan ainutkertaisia ja siksi niihin liittyy usein kompleksisuutta ja vaikeasti ennakoitavissa olevia riskejä, joiden hallintaan tarvitaan projektiosaamista. Projektit vaativat onnistuakseen johtamista. Projektinjohtamisella tarkoitetaan resurssien kuten työvoiman, materiaalien, rahan ja energian käytön hallintaa siten, että projektin suunniteltu sisältö, laatu, aikataulu ja budjetti saavutetaan. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011)

Rakennushankkeen toteuttamiselle asetetaan taloudellisia, ajallisia ja laadullisia vaatimuksia. Tuotannonhallinnan tehtävänä on varmistaa näiden tavoitteiden mukainen toteutus. Tuotannonhallinnan tarkoituksena on:

- suunnitella keinot, joilla asetetut tavoitteet ja vaatimukset voidaan saavuttaa,
- käyttää resursseja kuten koneita, materiaaleja ja työtä mahdollisimman taloudellisesti ja tehokkaasti,
- ennaltaehkäistä poikkeamat suunnitelman mukaisesta toiminnasta sekä

- palauttaa tuotanto suunnitelmien mukaiseksi, jos poikkeamia ilmenee. (Junnonen 2010)

Tuotannonhallinta voidaan jakaa kolmeen osa-alueeseen: tuotannonsuunnittelu, valvonta ja ohjaus. Tuotannonsuunnittelu on tuotannonhallintaprosessin keskeinen osa, jossa kartoitetaan, mitä voidaan ja pyritään tekemään ja miten tällöin on toimittava. Ohjauksen ja valvonnan tarpeiden tulee korostua tuotannonsuunnittelussa, jolloin suunnitelmien toteutuskelpoisuus on aina varmistettava. Valvonnan tehtävänä on hankkia tietoa toteutuneesta tuotannosta, verrata sitä suunnitelmaan ja raportoitava tehdyt havainnot työmaan johdolle ohjaustoimenpiteitä varten. Ohjauksen tavoitteena on estää poikkeamien synty sekä palauttaa tuotanto suunnitelmien mukaiseksi ja se on luonteeltaan ennakoivaa tai korjaavaa. Ennakoiva ohjaus pyrkii systemaattisesti kartoittamaan tulevat ongelmat ja häiriöt, jolloin niiden syyt torjutaan tai vähennetään niiden haitallisia vaikutuksia. Korjaavassa ohjauksessa nopeasti havaitun poikkeaman syy selvitetään ja ryhdytään tarvittaviin toimenpiteisiin poikkeaman korjaamiseksi. (Junnonen 2010)

Tuotannonsuunnitelmat voidaan jakaa koko hanketta koskeviin suunnitelmiin ja yksittäisten tehtävien suunnitelmiin. Koko hanketta koskevan suunnittelun päämääränä on määrittää ne keinot, joilla rakennushanke saadaan toteutettua mahdollisimman taloudellisesti urakkasopimuksessa asetettujen ehtojen puitteissa. Yksittäisten tehtävien suunnittelulla varmistetaan tuotannon häiriötön sujuminen ja siinä pääpaino on tehtävien aloitusedellytysten ja suorituksen varmistamisessa. Koko hanketta koskeva perussuunnittelu sisältää aikataulusuunnittelun, laadunvarmistuksen, kustannushallinnan, työturvallisuuden- ja ympäristöasioiden hallinnan, työmaa-aikaisen täydentävän suunnittelun ohjauksen, hankintojen suunnittelua sekä asiakastoimintoja ja informaatiota. (Junnonen 2010)

1.1.2 Lean tuotannonhallinta

1990-luvulla maailmalle levisi käsite Lean Production. Lean on filosofia yrityksen toimintojen organisoimisesta sekä joukko työkaluja sen soveltamiseksi. Lean-ajattelu voidaan tiivistää seuraavasti:

- luodaan virtaus systeemin läpi ilman häiriöitä tai ylimääräistä aikaa,
- kulttuuri, jossa kaikki organisaatiossa ovat mukana jatkuvassa parantamisessa ja
- imuohjaus, jossa toiminnot tapahtuvat ainoastaan tarpeesta tai tilauksesta. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011)

Lean rakentaminen on Lean-ajattelun soveltamista rakennusalalle, jossa on kyse hankkeissa syntyvän hukkan, työajan energian, materiaalien ja muiden resurssien käytön minimoinnista ja asiakkaan saaman arvon maksimoinnista. (Koskenvesa & Sahlstedt 2011)

Seuraavaksi käsitellään leanin tausta (1), määritelmä (2) ja hukkan eri muodot (3).

1) Tausta

Modigin ja Åhlströmin (2018) mukaan Toyota Production System (TPS) on Toyotan sisäinen tuotantofilosofia, joka on nykyään länsimaissa tuttu käsite ja on esikuvana monille teollisuus- ja

palvelualojen organisaatioille. Kun länsimaiset tutkijat 1980-luvulla alkoivat tutkia ja kiinnostua Toyotasta, antoivat he havainnoilleen nimen lean ja keksivät siten uuden käsitteen. Vaikka lean yhdistetään usein TPS:ään, on kyseessä kaksi eri käsitettä.

Taiichi Ohnoa kutsutaan usein ”TPS:n isäksi”, sillä hän kehitti Toyota-konsernissa Toyotan tuotantofilosofiaa jatkuvasti lähes 60 vuotta. Vuonna 1978 Ohno julkaisi kirjan *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*, joka on edelleen Toyotan luetuin kirja. Kirjassa Ohno esitti, että tuottavuutta saa aikaan virtaus mittakaavaedun tai suurtuotannon sijaan. (Modig & Åhlstöm 2018)

Lean Production –käsitettä käytettiin ensimmäistä kertaa vuonna 1988 John Krafcikin kirjoittamassa artikkelissa *Lean-tuotantojärjestelmän riemuvoitto* –artikkelissa, joka julkaistiin Sloan Management Review –lehdessä. Artikkelissa verrataan eri autonvalmistajien tuottavuustasoa ja osoitettiin, että pienten varastojen ja puskurien sekä yksinkertaisen tekniikan ”hauraat” Toyotan tehtaat päihittävät tuottavuudessa ja laadussa mittakaavaedun ja huipputekniikan ”järeät” tuotantojärjestelmät. Hauras-sanalla (engl. fragile) oli Krafcikin mielestä kuitenkin kielteinen sävy ja hän päätti käyttää enemmän nimeä lean. (Modig & Åhlstöm 2018)

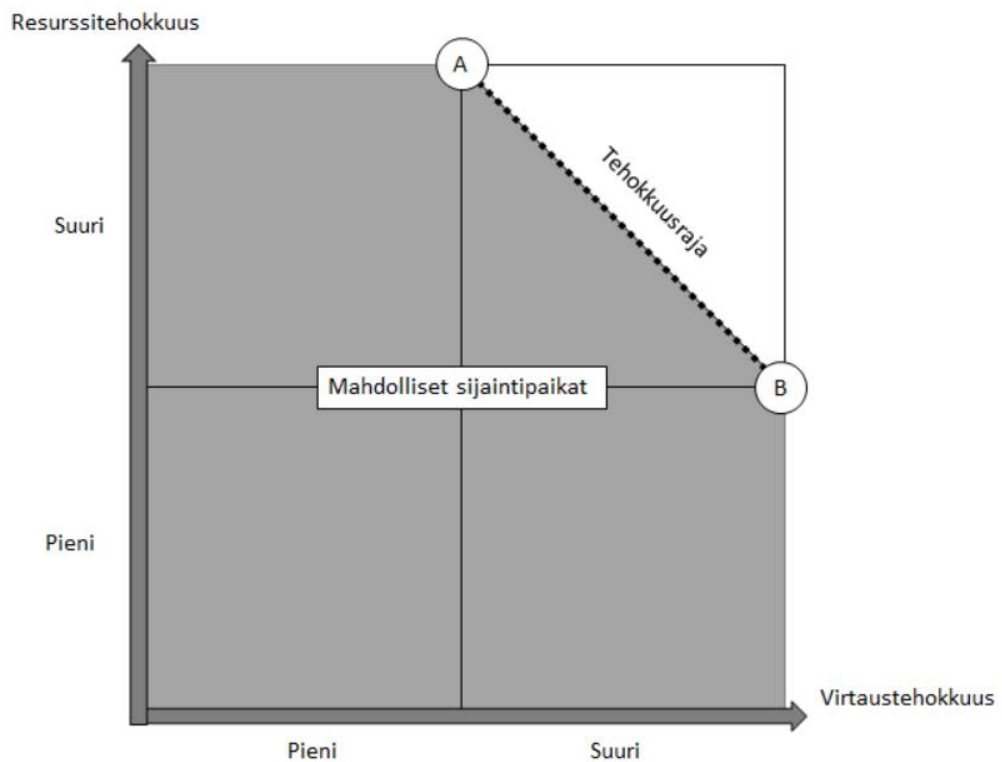
TPS:stä ja leanista on tämän jälkeen kirjoitettu lukemattomia kirjoja ja artikkeleita, jotka määrittelevät molempia termejä epäjohdonmukaisesti. Leanista on kehittynyt itsenäinen konsepti, joskin se kytkeytyy edelleen vahvasti Toyotaan. Lean-käsitteen määrittelyn ongelmaksi ovat muodostuneet määrittelemisen eri abstraktiotasoilla, liika keskittyminen Toyotan keinoihin, niiden takana olevien toiminnan tavoitteiden ymmärtämisen sijaan sekä ajattelu, että lean on kaikkea, mikä on hyvää, ja että kaikki hyvä on leania. (Modig & Åhlstöm 2018)

Eri abstraktiotasoilla määrittelemisellä tarkoitetaan leania käsittelevässä kirjallisuudessa esiintyvää epäjohdonmukaisuutta, jossa määritelmät ovat joko hyvin korkealla tasolla, kuten filosofia tai kulttuurina. Toisessa ääripäässä lean määritellään matalammin menetelmänä tai työkaluna tai määrittely nähdään olevan jotain näiden väliltä, kuten parannuskeino tai laatujohtaminen. Liian matalalla abstraktiotasolla määritelty lean keskittyy Toyotan kehittämiin menetelmiin ja työkaluihin. Tällöin määritelmästä tulee liian kapea ja se sopii vain tietynlaiseen asiayhteyteen, kehittihän Toyotakin menetelmänsä ja työkalunsa ainoastaan suuren mittakaavan autoteollisuuteen. (Modig & Åhlstöm 2018)

Liialla Toyotan keinoihin keskittymisellä tarkoitetaan suoraa Toyotan keinojen käyttöönottoa ymmärtämättä tavoitetta niiden takana. Samat keinot eivät takaa samaa lopputulosta. Tavoitteen keskeytyminen antaa joustavuutta, kun taas keinoihin keskittyminen voi rajoittaa. Omassa toimintaympäristössään Toyotan keinot toimivat, mutta niitä ei sellaisenaan voi soveltaa kaikkialla. (Modig & Åhlstöm 2018)

Lean-käsitteen ongelmaksi on myös muodostunut käsitys siitä, että lean on kaikkea hyvää, ja että kaikki hyvä on leania. Kun eri organisaatioilta kysyttiin: ”Miksi organisaationne on toteuttanut leania?”, saadaan monia hyvin erilaisia syitä, joilla pyrittiin ratkaista lähes kaikkia mahdollisia ongelmia. Jos lean määritellään ratkaisuksi kaikkeen, on määritelmä yhtä tyhjän kanssa, eikä tuo mitään lisäarvoa. Leanin on oltava tienhaarassa tehtävä valinta, koska muuten se ei jättäisi vaihtoehtoa millekään muulle. (Modig & Åhlstöm 2018)

Modig ja Åhlström (2018) esittelevät mallin nimeltä tehokkuusmatriisi, jotta voitaisiin muodostaa parempi kuva siitä, mitä lean oikeastaan on. Tehokkuusmatriisi perustuu organisaatioiden kahden ominaisuuden mukaiseen luokitteluun resurssitehokkuuden ja virtaustehokkuuden mukaan. Eri organisaatiot voivat sijaita eri kohdissa matriisia, mutta vaihtelu vaikuttaa mahdollisuu-teen yhdistää sekä korkea resurssi- että virtaustehokkuus. Näiden kahden yhdistäminen vaatisi täydellistä tietoa asiakkaiden nykyisistä ja tulevista tarpeista ja toiseksi täydellistä resurssijoustoa. Kuvassa 2 on esitetty tehokkuusmatriisi. (Modig & Åhlström 2018)



Kuva 2. Tehokkuusmatriisi (Muokattu lähteestä: Modig & Åhlström 2018)

Organisaation rajallisuudet matriisiin sijoittumisella riippuvat tarjonnan ja kysynnän vaihtelusta. Tämä vaihtelu asettaa kuvan tehokkuusrajan, jonka yläpuolelle ei ole mahdollista päästä. Organisaation sijoittumisen pyrkimykset matriisissa riippuu sen tekemästä valinnasta resurssitehokkuuden ja virtaustehokkuuden välillä. Yrityksen tulee tehdä strateginen valinta, kumpaan se haluaa panostaa. Tätä on kuvattu kuvan pisteillä A ja B. Resurssitehokkuutta korostava organisaatio sijoittuu pisteeseen A kun taas virtaustehokkuutta korostava organisaatio pisteeseen B. Organisaatio voi tietysti myös panostaa näiden yhdistelmään ja päätyä johonkin tehokkuusrajalle mutta on todennäköisempää, että organisaatio päätyy jonnekin muualle varjostetulle alueelle. Organisaation, joka on hyvä tulevien tarpeiden ennakkoinnissa ja tarjonnan joustavuudessa, on mahdollista siirtää tehokkuusrajaa lähemmäs korkean resurssitehokkuuden ja korkean virtaustehokkuuden leikkauspistettä.

2) Määritelmä

Modigin ja Åhlströmin (2018) mukaan lean voidaan määritellä lyhyesti toimintastrategiaksi, joka korostaa virtaus- eikä resurssitehokkuutta. Tehokkuusmatriisin mukaan, organisaation siirtymää oikealle ja ylöspäin. Keskittymällä virtaustehokkuuteen, organisaation voi vähentää hukkaa ja tarpeetonta lisätyötä. Tämä osaltaan parantaa myös resurssitehokkuutta. Lisäksi määritelmä sisältää jatkuvan parantamisen, koska muutos ei tapahdu hetkessä. Lean on dynaaminen tila.

Lean Construction Institute (2019) korostaa leanin määrittelyssä asiakasarvon maksimointia prosessien virtaustehokkuutta parantamalla. Virtaustehokkuutta tulee parantaa arvoa tuottamattoman resurssien käytön vähentämisellä. Tämä edellyttää asiakkaalle tuotettavan arvon tunnistamista ja muun toiminnan eliminointia. Keinona asiakkaalle tuotettavan arvon maksimoinnille ehdotetaan tavallista laajempaa yhteistyötä ja kokonaisuoptimointia eri osapuolten integroimisella ja aikaiseen osallistamisella. Lisäksi Lean Construction Institute esittää tavoitteeksi hukan eliminoinnin, ennustettavuuden parantamisen ja jatkuvan kehityksen.

Likerin (2013) mukaan leanilta valmistajalta vaaditaan ajattelutapaa, jossa keskitytään tuotteen virtaamiseen arvontuottoprosessin läpi keskeytyksettä, asiakkaan vaatimuksesta ja kulttuuria, jossa jokainen pyrkii jatkuvaan parantamiseen.

3) Hukka

Sekä Modig ja Åhlström (2018) että Liker (2013) esittelevät seitsemän lisäarvoa tuottamattoman hukan tyyppiä, jotka hidastavat tuotantovirtausta:

1. Ylituotanto. Osien valmistaminen ilman tilausta lisää varasto- ja kuljetuskustannuksia ja aiheuttaa tarpeetonta henkilökunnan palkkaamista. Tuotannon tulee vastata asiakkaan tarvetta.
2. Odottelu. Kaikki turha odottelu käsittelyvaiheiden, työkalujen, toimituksen, varastojen loppumisen, käsittelyviiveiden tai kapasiteetin pullonkaulojen vuoksi aiheuttaa lisäarvoa tuottamattomia kustannuksia. Tuotanto tulee järjestää siten että odottelulta vältytään.
3. Tarpeeton kuljettelu. Keskeneräisten tai valmiiden tuotteiden siirtely varastoon, varastosta tai prosessista toiseen ei tuota lisäarvoa. Tilaratkaisujen tulee olla kuljetusta minimoivaa.
4. Ylikäsittely tai virheellinen käsittely. Tehoton käsittely kehnon työkalun tai tuotesuunnittelun vuoksi sekä asiakkaan tarpeita laadukkaampi tuotanto on hukkaa.
5. Tarpeettomat varastot. Aiheuttaa pidentyneitä läpimenoaikoja, vanhentuneisuutta, vahingoittuneita hyödykkeitä, varastointikustannuksia sekä kätkee ongelmia kuten tuotannon epätasapainon, myöhästyneet toimitukset, viat ja pitkät asennusajat. Vaikuttaa myös prosessiin sitoutuneeseen pääomaan.
6. Tarpeeton liikkuminen. Kaikki turha liike prosessin aikana kuten osien ja työkalujen etsiminen on hukkaa. On paremmalla työsuunnittelulla ratkaistavissa.
7. Viat. Viallisten tuotteiden tuottaminen ja korjaaminen, pois heittäminen, tarkastaminen on tarpeetonta käsittely, hukattua aikaa ja työtä.

Liker (2013) lisää listaan vielä kahdeksannen hukkatyyppin:

8. Työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen. Aikaa, ideoita, taitoja, parannuksia ja oppimismahdollisuuksia hukataan jos työntekijöitä ei osallisteta kehitysprosessiin

1.2 Korkea rakentaminen

Kaupungistumisen megatrendin arvioidaan jatkuvan, mikä lisää haasteita väestön asettumiseen kaupunkeihin (YK 2018). Korkea rakentaminen on yksi keino saavuttaa tiivistä kaupunkirakennetta (Lindroos ym. 2011), ja sen määrät ovat maailmanlaajuisesti olleet kovassa kasvussa (CTBUH 2019). Kiinnostus korkeaan rakentamiseen on myös Suomessa lisääntynyt erityisesti 2010-luvulla. Useissa suurissa suomalaisissa kaupungeissa on tehty selvityksiä korkeasta rakentamisesta, mm. Helsingissä 2011, Espoossa 2012, Tampereella 2012, Oulussa 2014, Turussa 2017 ja Porissa 2019.

Tässä luvussa käsitellään korkean rakentamisen trendi, määrittely ja ominaispiirteet alaluissa 1.2.1-1.2.3.

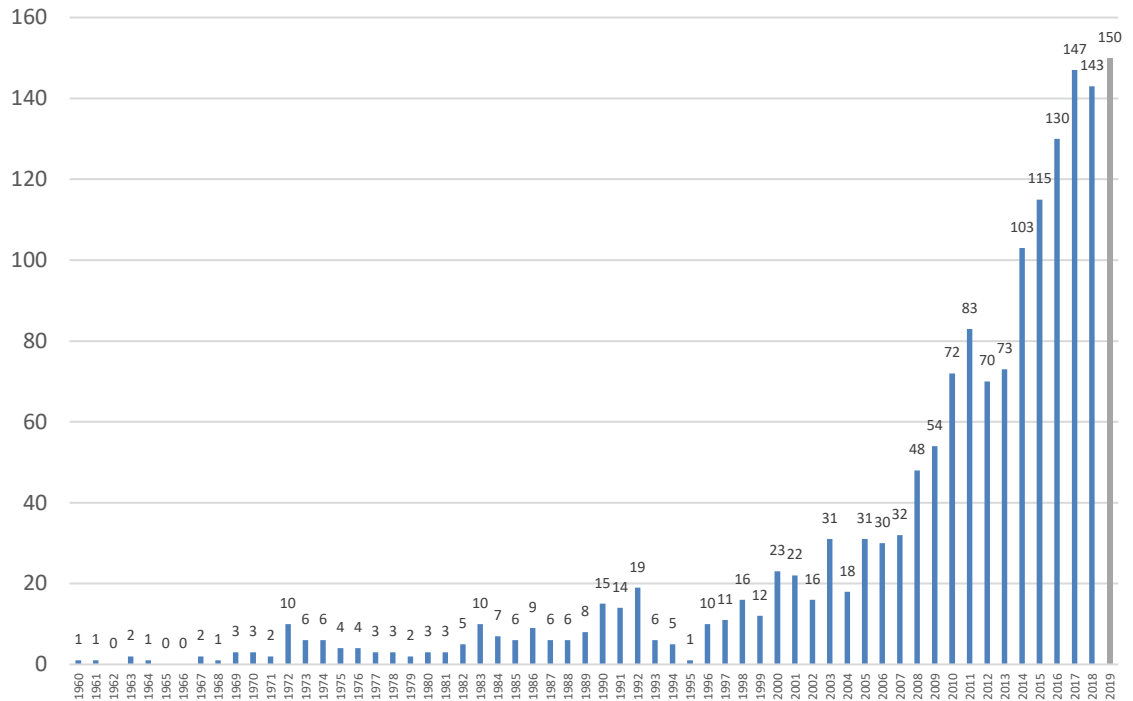
1.2.1 Korkean rakentamisen trendi

YK:n mukaan (2018) 55% maailman ihmisistä asuu kaupungeissa ja osuuden arvioidaan nousevan 68 %:iin vuoteen 2050 mennessä. Maalta kaupunkiin muutto yhdistettynä kokonaisväestönkasvuun tarkoittaa kaupungissa asuvien ihmisten määrän kasvavan ajanjaksolla jopa 2.5 miljardilla. Suurten väestömäärien asettautuessa kaupunkiin tullaan kohtaamaan haasteita asumisen, liikenteen, energian ja muun infrastruktuurin sekä muiden perustarpeiden kuten koulutuksen, työpaikkojen ja terveydenhuollon täyttämässä.

Urban Hubin (2019) mukaan tulevaisuudessa kaupungistumisen myötä urbaaneista alueista tulee tiiviimpiä. Daniel Safarik, CTBUH Journalin päätoimittaja arvioi, että kaupungistuminen tuskin johtaa erittäin korkeiden rakennusten yleistymiseen. Sen sijaan painopiste tulee olemaan 20-50-kerroksisissa rakennuksissa, jotka ovat yhteyksissä toisiinsa myös ylemmissä kerroksissa. Lisäksi niiden palvelut tulevat nousemaan ylemmäs maantasolta.

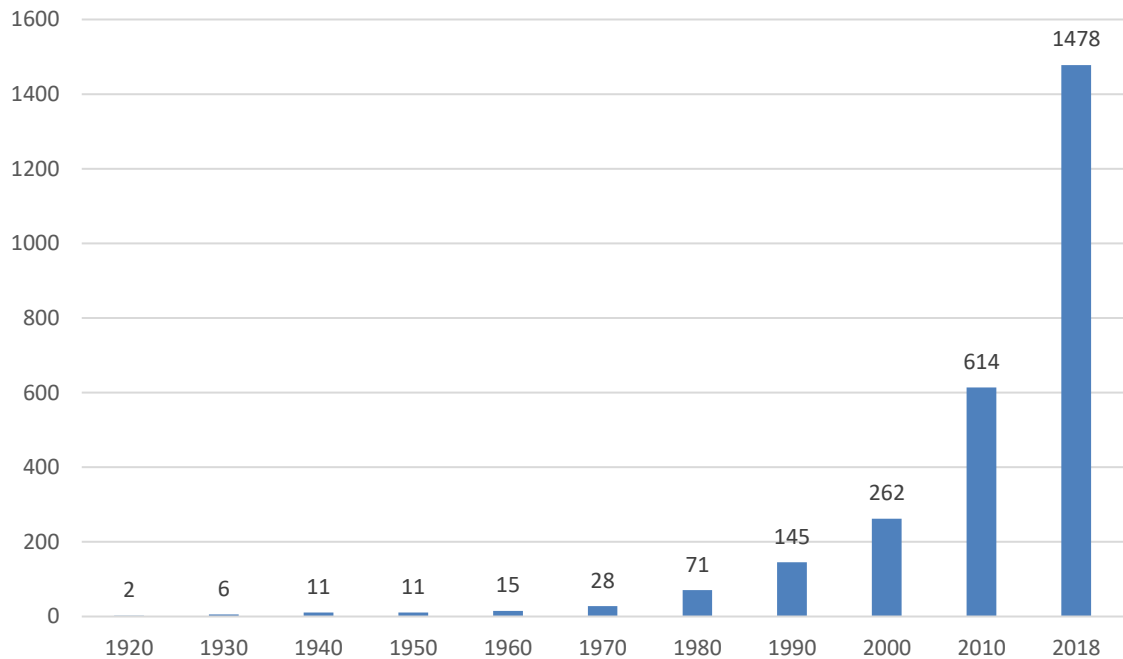
Wrayn (2018) mukaan tilanpuute on suurin taloudellinen ajuri korkeaan rakentamiseen erityisesti asuinrakentamisessa. Pienemmän maa-alueen hankkiminen ja siihen korkea rakentaminen on kaupungeissa kannattavampaa kuin laajemmalle matalana levittäytyminen. Lisäksi monikäyttöinen korkea rakentaminen on lisääntynyt, eikä se enää rajoitu niin voimakkaasti toimitilarakentamiseen. Rakennukset yhdistelevät käyttötarkoituksiltaan yhä useammin asumista, toimistoja, liikunta- ja lifestyle-palveluita, kulttuuritiloja, hotelleja, liiketiloja ja tapahtumatiloja. Korkealla rakentamisella voi olla myös ympäristön kannalta positiivisia vaikutuksia veden, lämmityksen ja jätteiden tehokkaammalla käsittelyllä. Korkea rakentaminen tuo myös uusia haasteita muun muassa turvallisuuteen liittyen.

CTBUH (2019) on kerännyt dataa maailman yli 200 metriä korkeiden rakennusten rakentamisesta. Vuonna 2018 valmistui 143 kappaletta yli 200 metriä korkeaa rakennusta maailmanlaajuisesti. Määrä on vain hieman pienempi kuin suurin yksittäisenä vuotena rakennettu määrä, 147 kappaletta vuonna 2017. Vuonna 2019 ennakoidaan tehtäväksi uusi ennätys. Määrät vuosittain on kerätty kuvaan 3.



Kuva 3. Yli 200 metriä korkeat rakennukset valmistumisvuosittain. (Muokattu lähteestä CTBUH 2019)

Korkeiden rakennusten kokonaismäärä on kasvanut myös eksponentiaalisesti. Kokonaismäärä on keskimäärin enemmän kuin tuplaantunut kymmenen vuoden välein 1960-luvulta tähän päivään (CTBUH 2019). Kokonaismäärät ovat esitettyinä kuvassa 4.



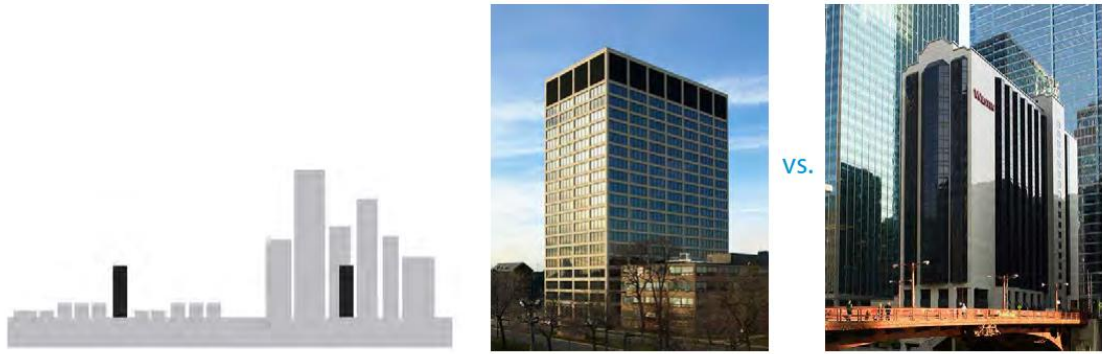
Kuva 4. Yli 200 metriä korkeiden rakennusten kokonaismäärät. (Muokattu lähteestä CTBUH 2019)

1.2.2 Korkean rakentamisen määrittely

Suomessa eri kaupungeilla on omat määritelmänsä korkealle rakentamiselle. Helsinki ei anna korkealle rakentamiselle absoluuttisia määritelmiä, vaan puhuu ”kaupunkimaisemassa alueen siluettiin tai keskeisiin näkymiin vaikuttavaa, ympäröivän rakennuskannan korkeuksista poikkeavaa ja kauas näkyvää rakentamista” (Lindroos ym. 2011). Helsingin määritelmää lainaa myös Turun kaupunki omassa selvityksessään (Vesanto ym. 2017). Sen sijaan Tampere määrittelee keskusta-alueen korkeaksi rakentamiseksi absoluuttisemmin: vähintään 12 kerrosta tai yli 35 metriä, jota myös Kööpenhamina, Århus ja Oslo ovat käyttäneet kriteerinään (Ylä-Anttila & Moisala 2012). Toisaalta korkeaa rakentamista säädellään myös ohjekortein ja asetuksin, joista esimerkiksi mainittakoon Helsingin kaupungin (2018) *Korkean rakentamisen rakentamistapaohje 2018*, jonka määrittelemiä ohjekortteja tulee noudattaa aina kun rakennettava rakennus on 16 kerrosta tai yli kellarikerroksineen. Paloteknisiä ohjekortteja on tämän lisäksi noudatettava aina, kun rakennuksen korkeus on vähintään 56 metriä.

Kansainvälisesti hyväksytyn määrittelyn antaa CTBUH (The Council on Tall Buildings and Urban Habitat) (2019), jonka mukaan ”korkean rakennuksen” määrittely on subjektiivista mutta sitä voidaan arvioida seuraavien kategorioiden osalta: suhteellinen korkeus, mittasuhteet ja korkeille rakennuksille ominaiset tekniikat.

Rakennuksen suhteellista korkeutta arvioidessa, verrataan sitä ympäröiviin rakennuksiin. Korkean rakentamisen tyypillisissä ympäristöissä, kuten Hongkongissa tai Chicagossa, 14 kerroksista rakennusta ei arvioitaisi korkeaksi. Sen sijaan pienemmässä eurooppalaisessa kaupungissa voi rakennus poiketa huomattavasti korkeudessa muusta rakennuskannasta ja siten tulla arvioiduksi ”korkeana rakennuksena”. (CTBUH 2019)



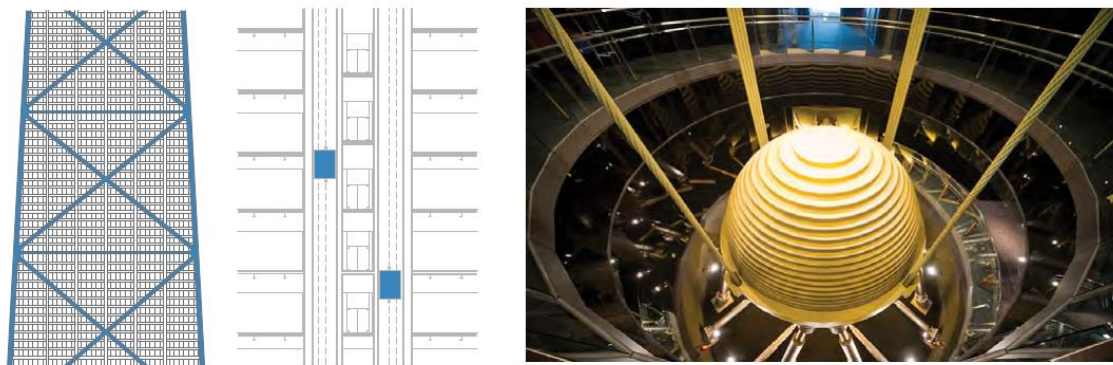
Kuva 5. Havainnollistava kuva rakennuksen suhteellisesta korkeudesta. (CTBUH 2019)

Rakennuksen mittasuhteita arvioimalla voidaan huomata, että on rakennuksia, jotka eivät ole erityisen korkeita mutta suhteellisen hoikkuutensa ansiosta vaikuttavat ”korkeilta rakennuksilta”. Yhtä lailla on myös pohjapinta-alaltaan suuria rakennuksia, joita ei korkeudesta huolimatta pidetä ”korkeina rakennuksina”, koska niiden koko suhteessa korkeuteen ei ole riittävä. (CTBUH 2019)



Kuva 6. Havainnollistava kuva rakennuksen mittasuhteista. (CTBUH 2019)

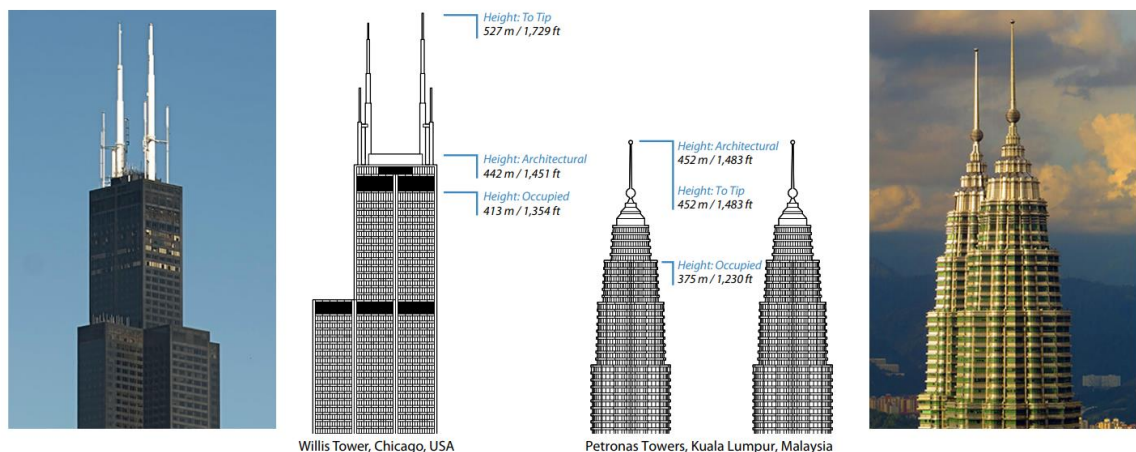
Rakennusta voidaan pitää ”korkeana rakennuksena”, mikäli se sisältää teknologioita, joita vaaditaan erityisesti rakennuksen korkeuden vuoksi. Näitä teknologioita ovat mm. poikkeukselliset vertikaaliset kuljetusjärjestelmät ja rakenteellinen, korkeudesta johtuva tuulisuojaus. (CTBUH 2019)



Kuva 7. Havainnollistava kuva korkeille rakennuksille ominaisista teknologioista. (CTBUH 2019)

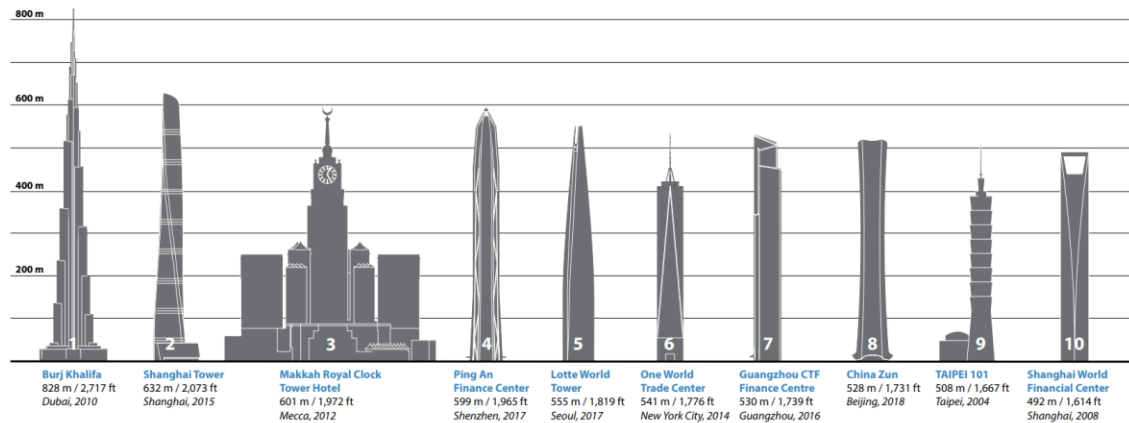
CTBUH:n (2019) mukaan rakennusta voidaan pitää ”korkeana” mikäli sitä voidaan pitää subjektiivisesti relevanttina yhden tai useamman edellä mainitun kategorian perusteella. Rakennuksen kerrosten määrä on huono mittari, koska kerroskorkeus vaihtelee merkittävästi eri rakennuksissa sekä eri käyttötarkoitusten mukaan. Siitä huolimatta vähintään 14 kerroksista rakennusta tai rakennusta, jonka korkeus on yli 50 metriä, voidaan pitää ”korkeana rakennuksena”. (CTBUH 2019)

Yleisimmin hyväksytty tapa mitata rakennuksen korkeutta on arkkitehtoninen korkeus (engl. Height to Architectural Top). Mittaustavassa lasketaan korkeus alimman merkittävän avotilassa olevan ja yleisön käytössä olevan sisäänkäynnin valmiin lattiapinnan ja rakennuksen arkkitehtonisen huipun välillä. Arkkitehtoniseen huippuun otetaan huomioon rakennuksen päällä mahdollisesti olevat spiraalit mutta ei käytössä olevia teknisiä laitteita kuten antennoja tai lipputankoja, koska ne ovat korvattavissa ja saattavat vaihtua ajan myötä. Rakennusten korkeuden vertailu voi perustua myös korkeuteen korkeimman yleisessä käytössä olevaan kerroksen lattiapintaan (engl. Height to Highest Occupied Floor) tai korkeuteen rakennuksen korkeimpaan osaan riippumatta sen käyttötarkoituksesta (engl. Height to Tip). (CTBUH 2019)



Kuva 8. Esimerkki Willis Towerin ja Petronas Towersin korkeuden eri määrittelytavoista. (CTBUH 2019)

Rakennuksia voidaan luokitella myös superkorkeiksi (engl. Supertall) ja megakorkeiksi (engl. Megatall). Superkorkeana pidetään yli 300 metriä korkeita rakennuksia, joita on julkaisuhetkellä 115 kappaletta. Megakorkean rakennuksen tittelin saavuttaa yli 600 metrin korkeudella ja näitä rakennuksia on julkaisuhetkellä ainoastaan 3 kappaletta. (CTBUH 2019)



Kuva 9. Maailman korkeimmat rakennukset korkeusjärjestyksessä, kun kriteerinä on korkeus arkkitehtoniseen huippuun. (CTBUH 2019)

1.2.3 Korkean rakentamisen ominaispiirteet

Lindroosin ym. (2011) mukaan korkean rakentamisen taustalla on monia erilaisia tekijöitä. Kaupunkisuunnittelun kannalta sitä perustellaan kaupunkirakenteen paremman hahmotettavuuden, kaupunkikuvan vaihtelevuuden ja ekotehokkuuden kannalta. Kalliiden infrahankkeiden yhteydessä korkeaa rakentamista perustellaan usein maankäytön tehostamisella. Yritysmaailman osalta ehdotusten taustalla saattaa olla halu näkyä kaupunkikuvassa. Historiallisesti erilaiset maallisen ja uskonnollisen vallan symbolit ovat muokanneet kaupunkikuvien horisontteja. Korkeaa rakentamista on jo 1920-luvulla perusteltu kansainvälisyydellä, suurkaupunkimaisuudella ja nykyaikaisuudella.

Kaupunkien kasvaessa suurkaupungeiksi, nousee niiden taloudellisen toiminnan tuottavuus, jota voidaan kutsua kasautumis- eli agglomeraatioeduksi. Tällöin keskeisillä alueilla toimivat yritykset voivat hyödyntää toistensa läheisyyttä, vuorovaikutusta ja erikoistumista. Suuret asiakas-, työvoima- ja yritysvolyymit luovat tuottavuutta kasvattavan toimintaympäristön. Tämä näkyy korkeana toimitilojen hintana ja maanarvona keskusta-alueilla, joka indikoi keskittyvän kaupunkikehityksen taloudellista potentiaalia. Myös asuntojen korkea hinta viestii liian pienestä tarjonnasta ja mitä keskeisempään kaupunkisijaintiin uutta tarjontaa kohdistetaan, sitä merkittävämpää sen vaikutus on asuntomarkkinoiden ja tuottavuuden kannalta. (Lindroos ym. 2011)

Helsingin kokoisessa kaupungissa tulee kuitenkin miettiä hankkeita taloudellisten reunaehto- jen täyttymistä, sillä historiallisesti hankkeet ovat vaatineet aikaa ja otollisia olosuhteita. Toimistorakentamisen haasteena on ollut muutenkin suuri määrä tyhjillään ollutta toimistotilaa, joka tekee korkean rakentamisen kokoluokan toimistotornin markkinoinnin haasteelliseksi. Tyypillisesti hankkeiden käynnistyminen on edellyttänyt, että yli puolet rakennettavista tiloista on varattu, jolloin hankkeita on pilkottu pienempiin kokonaisuuksiin. Vaihteellaiset ratkaisut ovat lähes mahdottomia tornirakentamisessa. Asuntorakentamiselle on sen sijaan ollut jatkuvaa merkittävää kysyntää, jolloin esim. raideliikenteen solmukohtien tehokasta kehittämistä tiiviiksi kokonaisuuksiksi on perusteltua toteuttaa korkealla rakentamisella. (Lindroos ym. 2011)

Helsingin keskusta-alue on pääosin rakennettu periaatteella, jonka mukaan rakennuksen korkeus sai olla enintään kadun leveys lisättynä 2,5 metrillä. Korkeusmääräys ei kuitenkaan koskenut kirkkojen tai muiden julkisten rakennusten tontteja, jonka tuloksena syntyi Helsingin rakennuskannalle ominainen verraten tasainen siluetti, jonka yläpuolelle nousivat vain kirkontornit ja muiden julkisten rakennusten sirot torniosat. Helsingin merellisyys ja yhtenäinen empire-keskusta ovat yksi ympäristöministeriön määrittelemistä Suomen kansallismaisemista, jota kehitetään niin, että alueen arvot ja ominaisuudet säilyvät. Korkean rakentamisen hankkeet tulee arvioida hyvin tarkkaan, sillä harkitsemattomasti sijoiteltuna ne vaikuttavat näihin ikonisiin näkyymiin ja voivat vaarantaa perinteisten maamerkkien hierarkkisen aseman, joka muuttaisi koko kaupungin imagoa. (Lindroos ym. 2011)

Korkeat rakennukset voidaan jakaa toiminnallisesti neljään pääryhmään: asuinrakennus, toimistorakennus, hotelli ja eri toimintoja sekoittava hybridirakennus. Toiminnallisuus määrittää osaltaan rakennuksien korkeutta ja pinta-alaa. Eri toiminnoilla on eri kerroskorkeudet, jolloin esim. 24-kerroksinen asuinrakennus on korkeudeltaan noin 73 metriä, hotelli 85 metriä ja toimistotorni 96 metriä. Kerroksen pohjapinta-alan osalta korkeiden toimistorakennuksien taloudellisena toteutuskokona pidetään 1000 m^2 , kun taas korkeissa asuinkerrostaloissa on tavanomaista pienempiä asuntoja ja kokoluokka voi olla noin 500 m^2 . (Lindroos ym. 2011)

Korkeat rakennukset näkyvät kauas ympäristöönsä, jolloin niiden arkkitehtuurilta ja toteutukselta on perusteltua vaatia erityisen korkeaa laatutasoa. Rakennuksen ylimmän kolmanneksen muotoilu on erityisen tärkeää sen näkyvyyden vuoksi mutta myös jalustaan tulee kiinnittää erityistä huomiota jalankulkijoiden kokemuksen mittakaavan jäsentelyn kannalta ja koska sillä voidaan myös ehkäistä tuulisuuden ongelmia. Pääosin tornit on suunniteltu kaupunkikuvallisesti ja teknistä taloudellisesti omina keskitettyinä korttelikokonaisuuksina. Näiden tornikeskittymien samanaikaisesti toteuttamisessa on riskinä, että ympäristöstä tulee monotonista mutta onnistuessaan kokonaisuudesta tulee saumattomasti jatkuvaa kaupunkiympäristöä. Vaiheittain rakentamisen riskinä on suunnitelman toteutuminen vain osittain, jolloin ympäristö voi jäädä keskeneräiseksi. (Lindroos ym. 2011)

Korkean rakentamisen liittyminen lähiympäristön matalampaan kaupunkirakenteeseen on suunniteltava huolellisesti. Asuintornien yhteydessä pihatiloja on yleisesti ottaen niukemmin ja ne ovat yleensä sijoittuneita pihakansille, katoille tai rakennusten kerroksiin. Niukkuus asettaa kohonneet vaatimukset lähiympäristön oleskelutilojen viihtyisyydelle ja julkisten ulkotilojen määrälle sekä saavutettavuudelle. Tuulitutkimusten perusteella korkea rakentaminen lisää tuulisuutta ja jalankulun turvallisuus ympäröivillä kaduilla ja pihakansilla tulee taata suunnitteluratkaisuin ja rakenteellisin suojauksin. Myös tavanomaista laajempaa varjostukseen tulee kiinnittää huomiota lähiympäristön toimintojen sijoittelussa. Tämän lisäksi suuri tonttitehokkuus vaikuttaa lähialueen liikenteeseen, jolloin on syytä vähentää tavanomaisesta poikkeavin keinoin autoilutarvetta ja tähdätä erityisesti joukkoliikenteen suosimiseen. (Lindroos ym. 2011)

Korkeaan rakentamiseen liittyy useita tekijöitä, jotka nostavat investointikustannuksia verrattuna matalampaan asunto- ja toimitilarakentamiseen. Suoraan kustannuksiin vaikuttavat korkean

rakentamisen luonne ja tilaohjelma, joihin voidaan lukea mm. laajemmat aulatilat, tekniikan vaatimat tekniset kerrokset ja julkiset tilat esim. kokoontumistilat huipulle. Korkean rakentamisen muita ominaispiirteitä ovat korostunut turvallisuus- ja talotekniikan tarve sekä suuremmat poistumistievaatimukset, jotka heikentävät rakennuksen tilankäytön tehokkuutta. Suhteellisen pieneen pinta-alaan ja hoikkaan runkoon sijoitetaan siis huomattavasti enemmän talotekniikkaa ja rakennusmateriaaleja kuin tavanomaiseen rakennukseen. Rakennuksen tilankäyttölinen tehokkuus käytännössä heikkenee mitä korkeampi rakennus on kyseessä. Välillisesti kustannuksia nostavat taas ympäröivien alueiden ja toimintojen suunnitteluratkaisut ja niiden yhteensovittaminen tornirakennuksen kanssa. (Lindroos ym. 2011)

Korkeuden kasvattaminen vaikuttaa myös rakennukselta edellytettuihin teknisiin ratkaisuihin. Korkea rakentaminen vaatii korkeampia vaatimuksia suunnittelijoille, suunnitelmien esittelemistä osallisille ja viranomaiselle tavanomaista aiemmassa vaiheessa, totuttua perusteellisempia ja osin uudentyyppeiksiäkin selvityksiä, lisättyä toteutuksen laadunvarmistusta sekä poikkeuksetta suunnitelmien ja työnsuorituksen ulkopuolista tarkastusta. Erityistä huomiota tulee kiinnittää tuulisuuden ja tuulikuormien mallinnukseen ja minimointiin sekä paloturvallisuuteen. Julkisivujen vedenpitävyydeltä vaaditaan teoreettisen tarkastelun ohella koneellista varmistamista. Lisäselvityksiä kaivataan myös auringonvalon ja äänilähteiden heijastuksista sekä rakennuksen käyttöön ja huoltoon liittyvistä seikoista. (Lindroos ym. 2011)

Korkeassa rakentamisessa suuri hankekoko lisää erityisesti toimitilarakentamisen taloudellisen toteutettavuusyhtälön kompleksisuutta Helsingissä. Toimitilamarkkinoilla sijoittajat odottavat tiettyä tuottovaatimusta sijoitukselleen mutta toimitilaa on jo ennestään tyhjillään ja tuottovaatimuksen varmistaminen on suunnittelun keinoin vaikeaa ratkaista. Asunto- ja hotellitornit voivat sen sijaan olla riskittömämpiä toteuttaa. Isojen asuntotornien osalta voi olla tarpeen toteuttaa hankkeet ns. sekatorratkaisuna, jossa yhdistetään vuokra- ja omistusasuntoja. Tällöin markkinoiden kantokykyongelma helpottuu mutta se samalla monimutkaistaa hallinnanjakojärjestelmää ja ylläpitovaiheen päätöksentekoa. Korkeuden tuoma hyöty markkinahintaan kaikissa toiminnallisissa pääryhmissä vaikuttaa erityisesti ylimmissä kerroksissa. Alemmalla tasolla sijaitsevat, tavanomaisten rakennusten tiloja vastaavien tilojen arvoa ja vuokraa voidaan kompensoida palvelutasolla, yhteisöllisyyttä lisäävillä yhteistiloilla ja hankkeiden keskeisillä sijainneilla. (Lindroos ym. 2011)

Lindroos ym. (2011) yhteen vetäen arvioi, että kun otetaan huomioon tornirakentamisen korkeat kustannukset, tilankäytön tehottomuus, hankekoon vaikutus, suhteellisen kehittymättömät markkinat sekä tyypillistä rakentamista korkeammat riskit rakentamisen ja sijoitustoiminnan kannalta, sijoitukselle on vaikea nähdä taloudellisia toteuttamisedellytyksiä toistaiseksi. Parempaa tuottoa sijoitetulle pääomalle arvioidaan olevan muualla kuin tornirakentamisessa saatavissa riskittömämmin ja varmemmin.

2. LOGISTIikka

Rushtonin ym. (2006) mukaan logistiikka on pitkään ollut osa teollisuutta mutta vasta suhteellisen tuoreesti sitä on alettu pitää merkittävänä omana funktionaan. Osittain syynä tälle on logistiikan luonne itsessään. Se on funktion, joka koostuu monista pienemmistä alafunktioista, joita on aiemmin, ja saatetaan edelleen, käsitellä itsenäisinä tuotannonohjauksen osina.

Nykyisin tieteessä ja taloudessa hyväksytään laajemmin käsitys, jonka mukaan logistiikkaa on ohjattava kokonaisvaltaisemmin, jotta voidaan ottaa huomioon eri funktioiden keskinäiset suhteet ja päällekkäisyydet. Logistiikan merkityksen arvostuksen nousu on lisännyt tieteellistä lähestymistapaa aiheeseen. (Rushton ym. 2006)

Rakennusallalla logistiikan kustannukset ovat merkittävä osa koko rakennushankkeen kustannuksista ja muista aloista poiketen, suurin osa logistiikan kustannuksista syntyy materiaalinhallintaan liittyen työmaan sisällä verrattuna ulkoisiin kuljetuskustannuksiin. Erityisesti työmaan sisäinen logistiikka on siten tärkeä parantamisen osa-alue urakoitsijoille. (Seppänen & Peltokorpi 2016)

Tässä luvussa käsitellään kirjallisuustutkimuksen tulokset ja pyritään muodostamaan kokonaiskuva logistiikan toimintaympäristöstä, rakennusalan kontekstiin sidotun logistiikan toimintamenetelmistä ja esitellä keinoja parantaa logistiikan prosessia työmailla. Alaluvuissa 2.1-2.3 esitellään geneerinen logistiikka, rakennusalan logistiikka ja lopuksi toimitusten kehittäminen.

2.1 Geneerinen logistiikka

Rushtonin ym. (2006) mukaan logistiikasta puhuttaessa on hyvä huomioida termin laajuus yleisesti hyväksytyllä tavalla:

Logistiikka = Tarjonta + Materiaalinhallinta + Jakelu.

Logistiikka sisältää sekä fyysisen että informaation virtauksen raaka-aineista aina lopulliseksi tuotteeksi. Yhtälössä tarjonnalla ja materiaalinhallinnalla kuvataan varastoa ja sen virtaamista valmistusprosessiin sekä sen läpi ja jakelulla sen varastointia ja tuotteiden virtaa loppukäyttäjille.

Logistiikalle on myös olemassa lukemattomia tietyille aloille soveltuvia määritelmiä. Moderni, eri aloille soveltuva määritelmä voisi olla, että:

”Logistiikassa on kyse tuotteiden tehokkaasta siirrosta tarjonnan lähteestä, läpi valmistuksen aina lopulliseen kulutukseen asti, taloudellisesti ja samalla tarjoten asiakkaalle hyväksyttävää palvelua.” (Rushton ym. 2006)

Alaluvuissa 2.1.1-2.1.3 kuvataan logistiikkaa yleisesti logistiikan kehittymisen, toimitusketjun suunnittelun ja logistiikan ulkoistamisen avulla.

2.1.1 Logistiikan kehittyminen

Rushtonin ym. (2006) mukaan jakelukanavien ja logistiikan elementit ovat aina olleet olennainen osa teollisuutta, varastointia ja tarvikkeiden sekä tuotteiden siirtelyä. Kuitenkin vasta suhteellisen vastikään, logistiikasta on tullut tärkeä osa taloudellista ympäristöä ja todellinen keino säävuttaa kilpailuetua eri organisaatioiden välillä.

1950-luvulla ja 1960-luvun alussa jakelukanavat olivat suunnittelemattomia eivätkä tarkkaan muotoutuneita. Tehtaat valmistivat tuotteita, jälleenmyyjät jälleenmyivät ja tavalla tai toisella tuotteet päätyivät kauppoihin. Logistiikkaa ei juuri hallittu eikä eri jakeluihin liittyvien funktioiden välillä ollut yhteyksiä. (Rushton ym. 2006)

1960-luvulla ja 1970-luvun alussa tuotteiden fyysiseen jakeluun alettiin kiinnittää huomiota ja sitä alettiin ohjata. Havaittiin, että kuljetuksen, varastoinnin, materiaalinkäsittelyn ja paketoinnin välillä oli yhteyksiä, joita voitiin linkittää toisiinsa ja hallita tehokkaammin. Eri funktioiden väliset yhteydet mahdollistivat kokonaisvaltaisemman lähestymistavan ja paremman kustannustarkastelun. Jakeluun liittyviä valintoja voitiin suunnitella sekä tarjota parempaa palvelua pienemmällä hinnalla. Ensimmäisinä tästä havainnosta hyötyivät valmistajat, jotka kehittivät jakelun toimintoja kuvastamaan toimitusketjujaan. (Rushton ym. 2006)

1970-luvulla valmistajien valta pieneni, kun yhä useammat yritykset havaitsivat tarpeen sisällyttää jakelunhallinta osaksi yritystensä rakennetta. Suuret jälleenmyyjät kehittivät omia jakelukanaviaan, jotka perustuivat aluksi alueellisiin ja paikallisiin jakelukeskuksiin palvellakseen kauppiaan. (Rushton ym. 2006)

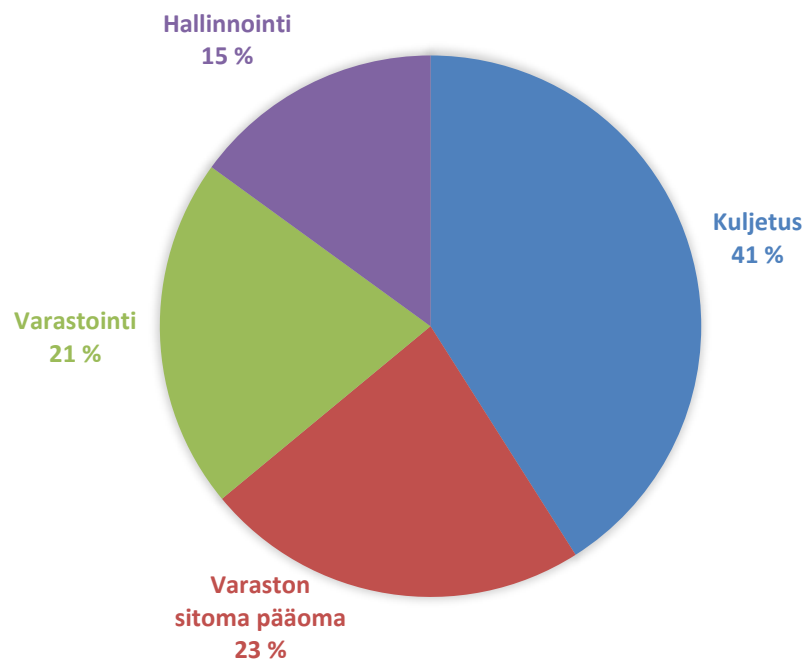
1980-luvulla suhteellisen nopea kustannusten kasvu ja tarkempi jakelun todellisten kustannusten määrittely johtivat jakelun merkittävään ammattimaistumiseen. Ammattimaistumisen myötä siirryttiin suunnittelemaan pitkäjänteisemmin ja tunnistamaan sekä jahtaamaan kustannussäästöjä. Näihin toimenpiteisiin sisältyivät keskitetty jakelu, varaston koon pienentäminen ja tietokoneiden mahdollistama parempi informaatio ja ohjaus. Myös ulkoistetut jakelun palvelut yleistyivät. Edistykselliset yritykset tunnistivat tarpeen integroiduille logistisille systeemeille. (Rushton ym. 2006)

1980-luvun lopun ja 1990-luvun alun tuomien tietoteknisten kehitysten myötä, myös organisaatiot alkoivat laajentaa integroitavissa olevia funktioitaan. Materiaalin tarjontaa ja jakelua alettiin tarkastella yhtenä kokonaisuutena ja termiä "logistiikka" alettiin käyttää tämän konseptin kuvaamiseksi. Tällä ajanjaksolla logistiikassa alettiin painottaa yhä enemmän sekä tietoa että sen fyysisistä puolta, mikä mahdollisti yhä parempaa asiakkaan palvelua pienemmillä kustannuksilla. (Rushton ym. 2006)

1990-luvulla prosessia kehitettiin ylittämään organisaatorajat ja osallistamaan myös muut toiminnot, jotka vaikuttivat koko toimitusketjuun loppuasiakkaalle. Tässä analysointitavassa, jota alettiin kutsua toimitusketjun hallinnaksi (engl. Supply chain management), tunnistettiin, että tuotteen saattaminen loppuasiakkaalle saattaa sisältää useampia organisaatioita. Toimitusketjun eri toimijat alkoivat tehdä laajempaa yhteistyötä tuotteen saattamiseksi asiakkaille. (Rushton ym. 2006)

2000-luvulla kilpailutilanteen kiristyminen aiheutti yrityksille haasteita ja johti yritysten kehittämiseen niiden uudelleen määritellesä taloudellisia tavoitteitaan ja kehittäessään järjestelmiä. Eri-tyisesti logistiikan alalla on saavutettu merkittävää kehitystä. Yritykset ovat havainneet, että logistiikan avulla voidaan tuottaa myös lisäarvoa sen sijaan, että sen eri osat nähdään pelkkänä minimoitavana kustannuseränä. (Rushton ym. 2006)

On tärkeää hahmottaa logistiikan merkitys myös kokonaisten talouksien kannalta. Erään tutkimuksen mukaan jopa 30 prosenttia Iso-Britannian työvoimasta tekee logistiikkaan liittyviä töitä. Yhdysvaltalaisen tutkimuksen mukaan logistiikka itsessään muodostaa 10-15 prosenttia Pohjois-Amerikan, Euroopan ja Aasian merkittävimpien talouksien bruttokansantuotteesta. (Rushton ym. 2006)



Kuva 10. Logistiikan kustannusten muodostuminen Euroopan merkittävimmissä talouksissa. (Muokattu lähteestä: Rushton ym. 2006)

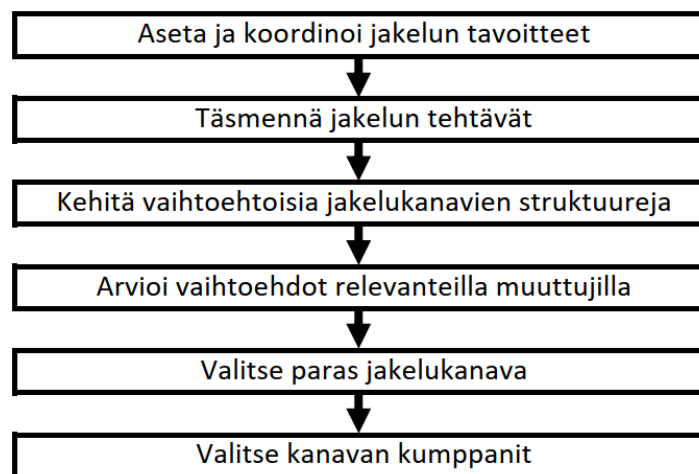
Euroopan merkittävimpien talouksien logistiikkaa tutkimalla on selvitetty eri logistiikan osa-alueiden kustannuksien osuutta kokonaiskustannuksista. Osuudet on esitetty kuvassa 10. Kuljetus on suurin yksittäinen kuluerä 41 prosentilla logistiikan kokonaiskustannuksista. Tämän jälkeen seuraavana on varaston sitoman pääoman kustannukset 23 prosentilla, sitten varastoinnin kustannukset 21 prosentilla ja lopulta hallinnoinnin kustannukset 15 prosentilla. (Rushton ym. 2006)

Logistiikan kustannuksissa on myös merkittäviä tuote- ja alakohtaisia eroja. Logistiikan kustannusten suuruuteen vaikuttavat mm. valitut toimitusketjut ja niiden operoijat sekä tuotteen ominaisuudet. Esim. halvan ja massoittain tuotettavan sementin hinnasta 46 prosenttia muodostuu logistiikan kustannuksista. Sen sijaan kalliiden väkevien alkoholijuomien hinnasta vain 0,81 prosenttia muodostuu logistiikan kustannuksista. (Rushton ym. 2006)

2.1.2 Toimitusketjun suunnittelu

Toimitusketjuja suunniteltaessa on tärkeä ymmärtää eri logistiikan osa-alueiden kytkeytyneisyys toisiinsa. Monet toimitusketjujen suunnittelussa tehdyt valinnat vaikuttavat merkittävästi toisiinsa ja osaoptimoinnin vaara on suuri. Kun vaikutussuhteet toisiinsa ymmärretään, voidaan tehdä harkittuja valintoja ja hyväksyä tietyn valinnan mahdolliset haittapuolet, jos siitä saatava kokonaishyöty toimitusketjun kannalta arvioidaan positiiviseksi. (Rushton ym. 2006)

Toimitusketjun suunnittelu tulee toteuttaa kolmen aikahierarkian mukaisesti. Yleisesti nämä suunnitteluvaiheet tunnetaan nimillä strateginen, taktinen ja operatiivinen. Strategisella suunnitteluvaiheella tarkoitetaan keskipitkän tai pitkän ajan suunnittelua, jossa päätetään toimitusketjun yleisrakenne ja tehdään yrityksen tasolla linjauksia ja ohjeistuksia. Taktisella suunnitteluvaiheella tarkoitetaan keskipitkän aikavälin suunnittelua, jossa toimitusketjujen osa-alueita hienosäädetään ja strategisesta suunnitelmasta tarkennetaan toimintamalleja. Operatiivisella suunnittelulla tarkoitetaan päivittäistä päätöksentekoa, jossa implementoidaan aiemman suunnittelun mukaiset toimenpiteet ja kontrolloidaan toimintaa sovitun mukaisesti. Aikahierarkian mukaisen strategisen suunnittelun tulee varmistaa toimitusketjun tehokkaat ja taloudelliset toimintaedellytykset, taktinen suunnittelu sitoo toimintaedellytykset kontrollitoimenpiteisiin ja operatiivisen suunnittelun tulee varmistaa oikeanlainen toiminta kontrolloimalla prosessia. (Rushton ym. 2006)



Kuva 11. Toimituskanavan struktuurin suunnittelu. (Muokattu lähteestä: Rushton ym. 2006)

Toimituskanavan tavoitteet ovat yrityskohtaisia ja niitä tulee tarkastella markkinoiden, tuotteiden, kanavien, kilpailullisten ja yrityksen omien resurssien näkökulmasta. Kuvassa 11 on esitettyä järjestelmällisen toimituskanavan struktuurin suunnittelun prosessi. Ensimmäisessä vaiheessa jakelun tavoitteet asetetaan ja koordinoidaan. Toisessa vaiheessa jakelun tehtäviä täsmennetään. Tämän jälkeen voidaan luoda vaihtoehtoisia jakelukanavien struktuureja, joita arvioidaan valittujen relevanttien muuttujien perusteella. Arvioinnin perusteella voidaan valita paras jakelukanava ja siihen tarvittavat kumppanit. (Rushton ym. 2006)

Logistiikalla on monia vaikutuksia organisaatioiden taloudelliseen suorituskyykyyn. Useimmille yrityksille keskeisin suorituskyyvyn mittari on sijoitetun pääoman tuottoaste (engl. ROI, Return On

Investment). Tämän suorituskyvyn mittarin parantamiseksi on nostettava tuottojen suhdetta sidottuun pääomaan. Voittoja voidaan parantaa kasvattamalla myyntiä tai pienentämällä kuluja. Logistiikalla voi olla rooli sekä myynnin parantamisessa, tarjoamalla tasaista ja ennakoitavaa suorituskykyä, että pienentäen kustannuksia kuljetusta, varastointia ja toiminnan tehokkuutta parantamalla. Yritykseen sidotun pääoman määrää voidaan myös vähentää logistisilla ratkaisulla. Näitä tapoja ovat mm. raaka-aineiden, osien ja keskeneräisten töiden määrää pienentämällä esim. tilauskokoja ja varastointiratkaisuja muuttamalla. Logistiikan toimintojen ulkoistaminen yleensä pienentää sidotun pääoman määrää mutta voi kasvattaa liiketoiminnan kuluja. (Rushton ym. 2006)

2.1.3 Logistiikan ulkoistaminen

Rushtonin ym. (2006) mukaan yksi logistiikan toimitusketjun suunnittelun keskeisimmistä kysymyksistä koskee sen ulkoistamista. Ulkoistetun logistiikan markkinaosuus oli vuonna 2003 Benelux-maissa 42 prosenttia, Yhdistyneessä Kuningaskunnassa 40 prosenttia ja Ruotsissa 23 prosenttia. Logistiikan ulkoistaminen on kasvanut merkittävästi useissa kehittyneissä maissa. Logistiikan ulkoistaminen ei kuitenkaan ole kovin suoraviivainen päätös, etenkin kun sen laajuuteen on lukemattomia vaihtoehtoja.

Ulkoistamisen laajuudelle ei todennäköisesti ole mitään ylärajaa. Kuitenkaan yleensä kaikkia osa-alueita ei yleensä ole tarkoituksenmukaista ulkoistaa. Organisaatioiden tulee logistiikkaa ulkoistaessa arvioida:

- Minkä osa-alueiden ulkoistamisesta voidaan saavuttaa merkittävää etua?
- Selventää tarkasti mitkä osa-alueet ulkoistamiseen sisältyy ja mitä ei. On erittäin tärkeää tietää ulkoistetun logistiikan vastuut ja mitä omalle organisaatiolle jää vastuiksi. Monen logistiikkaoperaattorin palvelut ovat kaatuneet epäselkeään määrittelyyn.
- Määritellä tarkat rajat ja vastuuvaihdokset näissä ulkoistamisen rajapinnoissa.
- Tunnistaa ja arvioida ulkoistamiseen liittyviä hyötyjä tai voittoja olivat ne sitten kustannuksiin tai palveluun liittyviä. Hyötyjen tai voittojen arviointi helpottaa päätöksentekoa sekä jälkeinpäin onnistumisen määrittelyä. (Rushton ym. 2006)

Tyypillisten ulkoistettavien osa-alueiden, kuten mm. kuljetus, poiminta, varastointi, varastonhallinta ja kuorman tarkastuksen, lisäksi operaattorit tarjoavat myös arvoa lisääviä toimintoja. Arvoa lisääviä toimintoja ovat mm. aikaperusteiset palvelut, kokoonpano, uudelleenpakkaus ja paluukuljetukset. Aikaperusteinen palvelu voi lisätä arvoa hyödyntämällä täsmätoimituksia, jotka sisältävät esim. tuotantolinjan tietyn vaiheen osat ja saapuvat tarkasti prosessin niin vaatiessa. Kokoonpanon palvelut sisältävät tuotteiden kokoonpanoa osana toimitusketjua ulkoistetussa ympäristössä. Uudelleenpakkauksessa palveluntuottaja yhdistelee eri tuotteita valmiiksi kokonaisuuksiksi. Paluukuljetuksilla tarkoitetaan toimitusten yhteydessä materiaalin poisviemistä, jossa esim. jätettä tai uudelleenkäytettäviä paketteja ja lavoja viedään kierrätettäväksi, vähentäen toiminnan ympäristövaikutuksia. (Rushton ym. 2006)

Logistiikan ulkoistamisessa on paljon sekä hyötyjä että haittoja. Osaa näistä voidaan objektiivisesti arvioida mutta osa on subjektiivisia ja liittyy enemmän organisaation preferensseihin. Logistiikan ulkoistamisen draiverit voidaan jakaa neljään laajaan kategoriaan, jotka ovat: kustannus, palvelu, organisatoriset ja fyysiset tekijät. (Rushton ym. 2006)

Logistiikan ulkoistamisen kustannusdraiverit:

- Sidottu pääoma on pienempi, kun ei tarvita omaa kalustoa ja varastoja. Pääoman korkokustannukset pienenevät ja varoja voidaan allokoida tuottavammin ydinliiketoimintoihin.
- Logistiikan kustannukset vaihtuvat kiinteistä muuttuviksi kustannuksiksi, jolloin toiminnan laajuutta voidaan helpommin muuttaa.
- Suuruuden ekonomiaa voidaan saavuttaa, kun ulkoinen toimija operoi useamman yrityksen logistiikkaa sen sijaan että jokaisella on omat toimintonsa. Tämä tarkoittaa toimintojen suurempia käyttöasteita ja pienempiä yleiskustannuksia, mikä johtaa kustannussäästöihin.
- Ulkoistetun logistiikan kustannukset ovat läpinäkyvämpiä ja selkeämpiä kuin itse tuotetussa.
- Logistiikan kustannukset ovat paremmin ennakoitavissa, kun ne ovat sidottuja tietyksi määrääjäksi, jolloin mm. työvoiman tai polttoaineiden hinnan muutokset eivät vaikuta kesken sopimuskauden. (Rushton ym. 2006)

Logistiikan ulkoistamisen palveludraiverit:

- Parempi joustavuus palvelun tuottamisessa, kun kyseessä isompi toimija.
- Mahdollisuus toimia poikkeuksellisilla alueilla toteuttamatta omaa verkostoaan.
- Mahdollisuus sisällyttää arvoa tuottavia palveluita.
- Usein helpompaa vaatia palvelutasoon liittyviä vaatimuksia ulkoistetulta toimijalta sopimuksin kuin oman organisaation sisältä. (Rushton ym. 2006)

Logistiikan ulkoistamisen organisatoriset draiverit:

- Mahdollistaa fokusoinnin organisaation ydinliiketoimintoihin. Organisaatio voi virtaviivaistaa rakennettaan ja keskittää johdon osaamista.
- Voi tarjota organisaatiolle pääsyn aiempaa parempaan tietoon. Esim. uuden seurantateknologian avulla voidaan tehostaa omaa toimintaa.
- Heikkoutena voi ilmetä kulttuurilliset erot palveluntuottajan ja organisaation välillä.
- Kontrolli logistiikan toimintoihin voidaan menettää, jos niitä ei ole sopimuksissa määritelty riittävän tarkasti.
- Logistiikka ulkoistamalla voidaan menettää logistinen osaaminen ja palaaminen sen itse tuottamiseen voi olla hankalampaa, jos myöhemmin näin päätetään. (Rushton ym. 2006)

Logistiikan ulkoistamisen fyysiset draiverit:

- Tietyille tuotteille tunnusomaiset kuljetustarpeet täytyy huomioida. Esim. jotkin tuotteet on tarpeen toimittaa pienemmissä määrissä ja useammin, jolloin ulkoistusta logistiikkatoimijasta ei välttämättä ole juurikaan hyötyä.

- Ulkoistetulla toimijalla voi olla mahdollista hyödyntää laajempaa kuljetusvälineiden joukkoa. Tällöin voidaan vastata paremmin eri tyyppisten tuotteiden vaatimiin kuljetustarpeisiin esim. koon ja massan osalta.
- Tavarantoimittajan ja purkamisen saattavat vaatia erityiskalustoa, jota ulkoistetulla toimijalla on käytössään.
- Montaa toimijaa palveleva ulkoistetun operaattorin tulee varmistaa, että kuljetusolosuhteet soveltuvat eri tuotteille, eikä esim. eri tuotteiden sekoittaminen aiheuta tuotteiden pilaantumista. (Rushton ym. 2006)

Ulkoistamisen taloudellisia tai palvelutasoon liittyviä hyötyjä ei kuitenkaan aina olla saavutettu, koska palveluntuottajat toimivat sopimusten mukaisesti ilman insentiiviä tehostaa toimintojaan. Usein organisaatiot eivät ole tarpeeksi avoimia ja tarjoa palveluntuottajille niiden tarvitsemaa tietoa muista toiminnoistaan, jotta logistiikan toimintoja voitaisiin kokonaisvaltaisemmin kehittää. Ratkaisuksi tähän on alettu kehittää organisaatioiden ja palveluntuottajien suhdetta enemmän kumppanuuksiksi, jossa molemmat osapuolet etsivät yhdessä parannuksia.

2.2 Logistiikka Rakennusalalla

Rakennusprojektit ovat tuotantoprosesseja, joissa väliaikaisesti kootut tiimit tuottavat ainutkertaisia rakennushankkeita. Logistiset mallit ovat tärkeitä elementtejä rakennushankkeiden onnistumisessa. Kaikki kustannuksia ja toimintojen aikataulua parantavat toimenpiteet kuten suunnittelu, tuotanto ja toimitus vaikuttavat projektin suorituskykyyn positiivisesti. Logistiset mallit ovat keinoja hallita materiaalin ja tiedon virtausta toiminnan joka tasolla. Niiden hyötyjä ei ole kuitenkaan hyödynnetty rakennusalalla toisin kuin kokoonpanevassa teollisuudessa. Rakennusalalla logistiset mallit ovat usein myös budjettileikkausten kohteena, vaikka ne vaikuttavat tuottavuuteen. (Tetik ym. 2018)

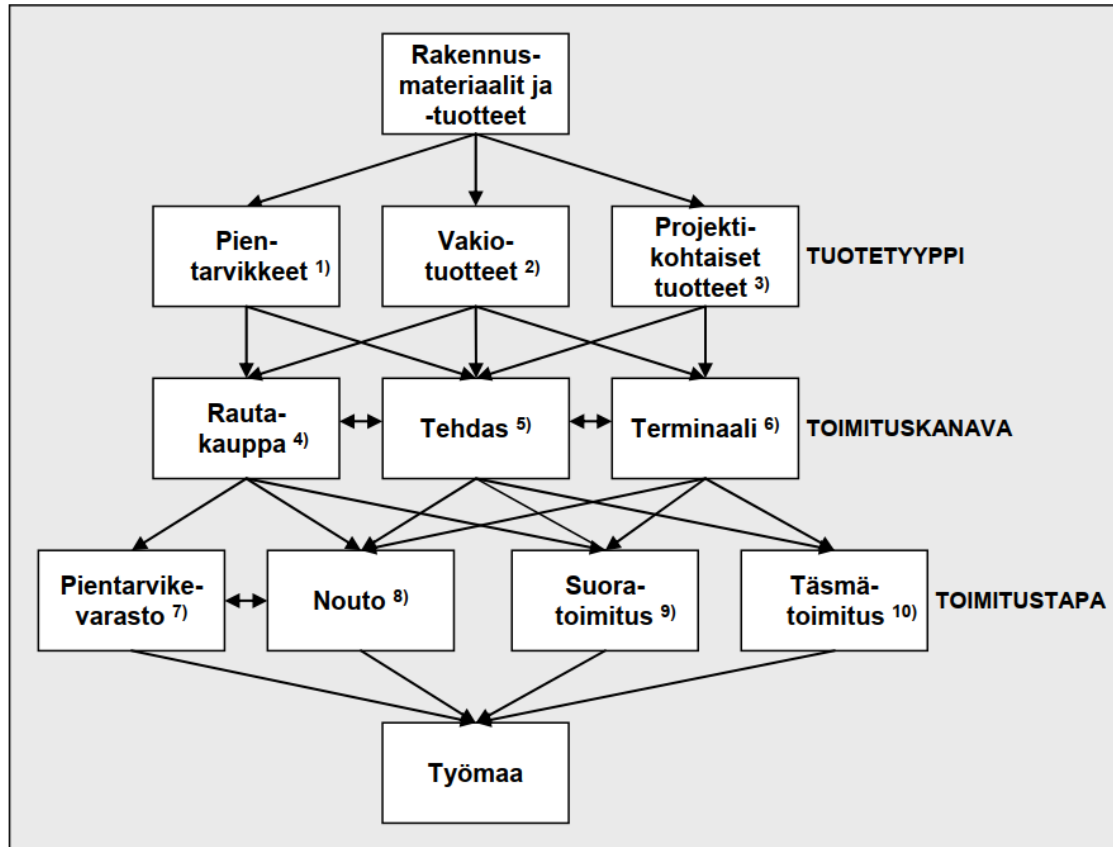
Seppäsen ja Peltokorven (2016) mukaan logistiikan kustannukset ovat merkittävä osa koko rakennushankkeen kustannuksista. Poiketen muista aloista, rakennusalalla suurin osa logistiikan kustannuksista syntyy materiaalinhallintaan liittyen työmaan sisällä verrattuna ulkoisiin kuljetuskustannuksiin. Tästä syystä työmaan sisäinen logistiikka on tärkeä parantamisen osa-alue urakoitsijoille. Eniten huomiota on kiinnitetty työmaihin, joissa on rajalliset varastointimahdollisuudet mutta niiden tilallisista haasteista huolimatta, ne ovat suoriutuneet tuotannollisesti paremmin. Syitä tälle ilmiölle voivat olla logistiikan tärkeys projektien kannalta, sen vaatima parempi muu suunnittelu tai haastavampiin projekteihin valittavat osaavammat tiimit.

Sahlstedt (2010) määrittelee logistiikan olevan materiaalivirtojen ja niihin liittyvien tietovirtojen hallintaa koko tuotesuunnittelu-tilaus-toimitusprosessin.

Alaluvussa 2.2.1 ja 2.2.2 käsitellään toimitusvaihtoehtojen jaottelu sekä työmaan toimitusten suunnittelu ja ohjaus.

2.2.1 Toimitusvaihtoehtojen jaottelu

Tuotteiden hankinnat voidaan jakaa kolmeen eri tapaan. Ne voidaan hankkia omina hankintoina, ne voidaan sisällyttää aliurakoihin tai ne voidaan hankkia tuoteosakauppoina. Yrityksessä noudatettava hankintapolitiikka, kohteen erityispiirteet, tilaajan vaatimukset ja markkinatilanne vaikuttavat hankintamenettelyn valintaan. Riippumatta hankintatavasta, pääurakoitsijan on osallistuttava toimitusten suunnitteluun ja valvottava niiden toteutumista. (Riihimäki ym. 2009)



Kuva 12. Toimitusten jaottelu tuotetyyppien, toimituskanavien ja toimitustapojen mukaisesti. (Riihimäki ym. 2009)

Kuvasta 12 havaitaan, että rakennusmateriaalit ja –tuotteet jakautuvat kolmeen luokkaan, toimituskanavat edelleen kolmeen ja toimitustavat neljään luokkaan. Luokkien välillä seuraamussuhteet eivät ole lineaarisia vaan voivat mennä myös keskenään ristiin, kuitenkin tietyin rajoituksin.

Seuraavaksi käsitellään toimitusvaihtoehtojen jaottelu järjestyksessään tuotetyyppien (1), toimituskanavien (2) ja toimitustapojen (3) kautta.

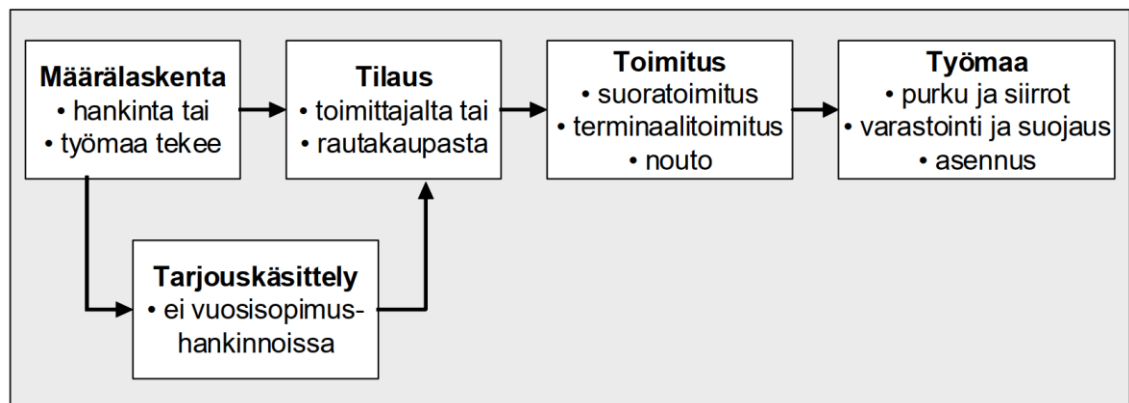
1) Tuotetyypit

Rakennusmateriaalit ja –tuotteet voidaan jakaa kolmeen tyyppiin, joiden toimitusten ohjausmenettelyt poikkeavat toisistaan oleellisesti. Tyypit ovat vakiotuote, projektikohtainen tuote ja pientarvike. (Riihimäki ym. 2009)

Vakiotuotteet ovat tehtaan tai maahantuojan tuotteita, joilla ei ole hankekohtaisia erityispiirteitä. Ne kuuluvat valmistajan yleisesti saatavilla olevaan tuotevalikoimaan ja koska niiden tuotem ominaisuuksia ei tarvitse suunnitella, on logistiikkaketju pelkistetty ja toimitukset helpommin hallittavissa. (Riihimäki ym. 2009)

Vakiotuotteita voidaan valmistaa varastoon (esim. puutavara ja levytuotteet) tai niitä tehdään tilauksesta tiettyyn kohteeseen (esim. väliovet ja betonimassa). Erityisesti vakiotuotteista voidaan tehdä kausi- tai vuosisopimuksia tavarantoimittajien kanssa, jolloin tuotteiden saanti ja hinta turvataan. Kausi- tai vuosisopimukseen sisältyviä hankintoja hoidetaan usein suoraan työmaalta, jolloin työnjohto joutuu tekemään määrälaskennan, mikä lisää työmäärää ja sisältää virheriskin. (Riihimäki ym. 2009)

Kuvassa 13 on esitetty suoraviivaisen vakiotuotteiden hankintaketjun päävaiheet.

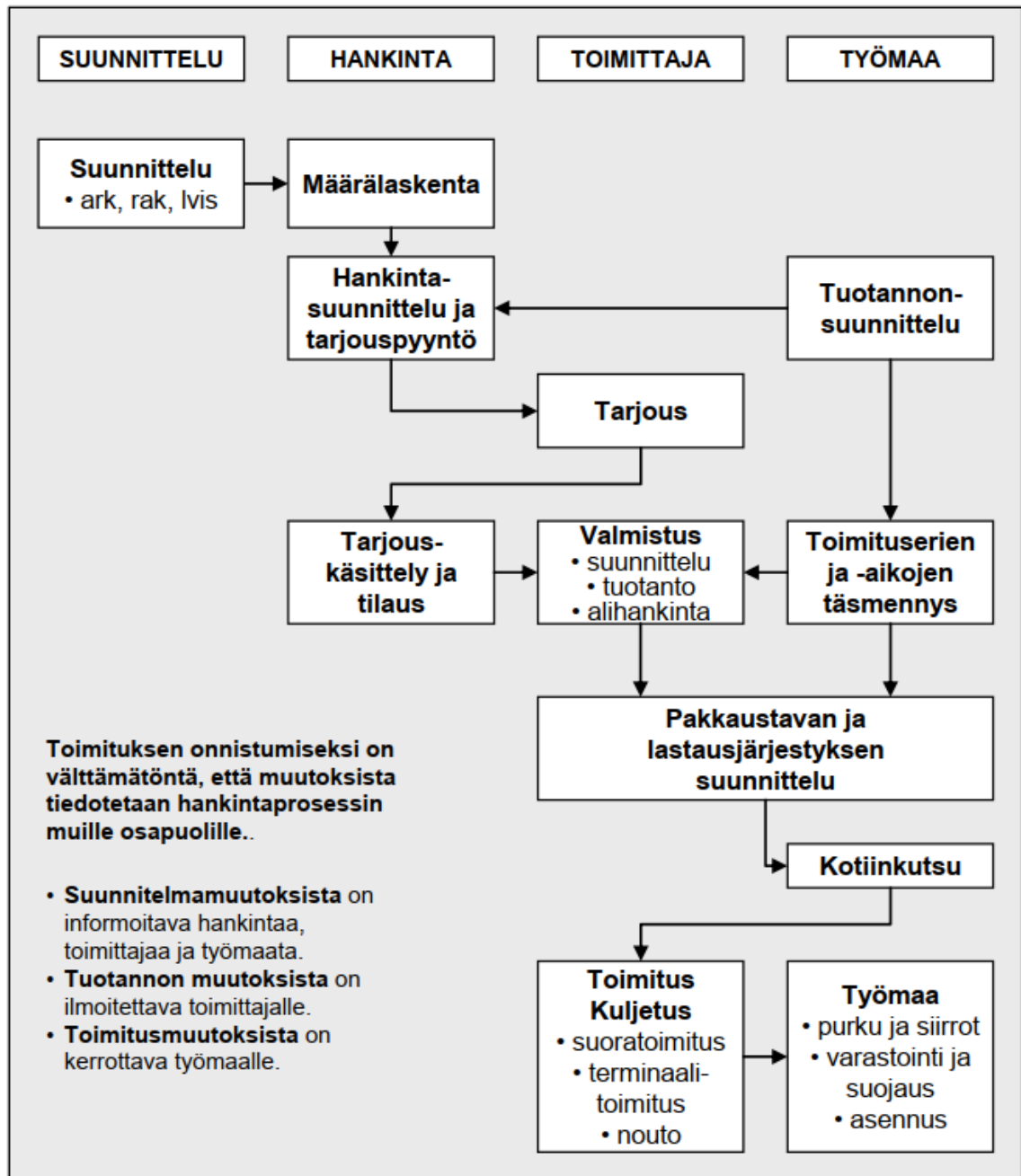


Kuva 13. Vakiotuotteiden hankintaketjun päävaiheet (Riihimäki ym. 2009)

Pientarvikkeet ovat myös yleensä kohteesta riippumattomia ominaisuuksiltaan. Tavallisesti niiden tarkkaa menekkiä tai tarveajankohtaa ei suunnitella etukäteen, vaan ne noudetaan tarvittaessa rautakaupasta, tehtaalta tai työmaalla ylläpidettävästä pientarvikevarastosta. Pientarvikkeita ovat mm. työkalun kuluvat osat. Rakennuskohteen vaatimusten mukaiset kiinnikkeet kuitenkin toisinaan suunnitellaan ja tilataan kohdekohtaisesti. (Riihimäki ym. 2009)

Projektikohtaiset tuotteet ovat tiettyyn rakennuskohteeseen suunniteltuja ja valmistettuja yksilöllisiä tuotteita. Logistiikan hallinnan kannalta nämä tuotteet vaativat laajaa yhteistyötä suunnittelijoiden, tuotetoimittajien ja urakoitsijoiden välillä. Erityisesti suunnitelmamuutokset voivat johtaa haasteisiin tai ongelmiin, jos eri osapuolten välisessä tiedonkulussa on vaikeuksia. Projektikohtaisia tuotteita ovat mm. elementit ja erikoisovet. (Riihimäki ym. 2009)

Kuvassa 14 on esitetty projektikohtaisten tuotteiden hankintaketjun päävaiheet, jotka ovat huomattavan monimutkainen verrattuna vakiotuotteiden hankintaketjuun.



Kuva 14. Projektikohtaisen tuotteen hankintaketjun päävaiheet. (Riihimäki ym. 2009)

2) Toimituskanavat

Rakennusmateriaalien toimituskanavat voidaan jakaa kolmeen eri tyyppiin. Nämä ovat tehdastoimitus, terminaali-toimitus ja rautakauppa tai tukkuliike. (Riihimäki ym. 2009)

Tehdastoimituksessa materiaalit ja tuotteet toimitetaan suoraan valmistajalta tai maahantuojalta työmaalle. Toimitukset sisältävät tällöin ainoastaan ko. toimittajan tuotteita, joista osa saattaa mennä muille työmaille. (Riihimäki ym. 2009)

Terminaali-toimitus on toimituskanava, jossa valmistajat tai maahantuojat toimittavat tuotteet välivarastona toimivaan terminaaliin. Terminaalissa eri toimittajien tuotteita voidaan pakata

tai lastata täsmätoimituksiksi tai setittää asunto- tai kerroskohtaisiksi asennuspaketeiksi. (Riihimäki ym. 2009)

Tetik ym. (2018) mukaan logistiikkakeskukset ovat logistinen malli, jossa varastoissa säilytetään materiaaleja, kunnes logistiikkatyöntekijät toimittavat ne työmaalle täsmätoimituksina.

Seppäsen ja Peltokorven (2016) mukaan logistiikkakeskukset voivat palvella monia funktioita ja mahdollistavat täsmätoimitukset työmaille ja luovat puskurin töiden aloituksen ja kestojen vaihtelulle. Logistiikkakeskukset myös mahdollistavat kohdekohtaiset setitykset, jolloin materiaali voidaan toimittaa täsmällisesti käyttökohteeseen tuottavuuden parantamiseksi.

Materiaalien setityksellä tarkoitetaan logistista mallia, jossa osat toimitetaan etukäteen lajiteltuina "setteinä" asennuspaikoille. "Setteihin" sisällytetään asennusaikataulun mukaisia komponentteja ja ne toimitetaan oikea-aikaisesti ja oikeassa määrässä työkohteisiin. Setityksellä voidaan vähentää materiaalien etsimiseen käytettävää aikaa ja vähentää työmaan varastointitarvetta. (Tetik ym. 2018)

Rautakauppa tai tukkuliike on vähittäiskauppa, jossa kuormiin voidaan yhdistellä eri toimittajien tuotteita. Kuitenkaan setittämiseen ei yleensä ole terminaalitoimituksen tapaisia mahdollisuuksia. (Riihimäki ym. 2009)

3) Toimitustavat

Toimitustavat voidaan jakaa neljään tyyppiin. Tyypit ovat suoratoimitus, täsmätoimitus, pientarvikevarasto ja nouto. (Riihimäki ym. 2009)

Suoratoimitus on perinteinen toimitustapa, jossa tuotteet kuljetetaan työmaalle tehtaalta, tukkuliikkeestä, varastosta tai kotiinkutsuna osatoimituksena rautakaupasta, tehtaalta tai terminaalista. Kuljetuksen voi sopimuksesta riippuen järjestää työmaa tai tavarantoimittaja. Työmaalla kuljetusajoneuvosta puretaan materiaalit ja tuotteet, minkä jälkeen ne voidaan siirtää työmaavarastoihin tai asennuspaikoille. (Riihimäki ym. 2009)

Täsmätoimitus on toimitustapa, jossa tuotteet pakataan ja merkitään toimituskohteittain (esim. kerros- tai asuntokohtaisesti). Mikäli toimituskanavana on terminaalitoimitus, myös eri valmistajien ja toimittajien tuotteita voidaan pakata ja yhdistää täsmätoimituksiksi. Jos pakkaaminen tehdään asennuskohteittain, kutsutaan sitä setittämiseksi. Täsmätoimitukset edellyttävät tarkkaa aikataulusuunnittelua ja tiedonkulkua eri toimijoiden välillä. Erityisesti terminaalipalvelun järjestäjän on saatava välitön tieto tuotteiden laadun, määrän tai aikataulun muutoksista. (Riihimäki ym. 2009)

Tetik ym. (2018) mukaan täsmätoimituksilla tarkoitetaan rakennusmateriaalien toimitusta työmaille välitöntä asennusta varten, karsien tarpeen välivarastoinnille, vähentäen työmaa-alueen varastotarvetta sekä parantaen laatua ja tuottavuutta. Logistiikkakeskuksia voidaan hyödyntää sekä projektikohtaisten tuotteiden (engl. Engineer-to-order) että vakiomateriaalien (engl. Make-to-stock) hankintaan ja toimitukseen.

Pientarvikevarasto on toimitustapa, jossa työmaalle on järjestetty varasto, jossa on pientarvikkeita työmaan tarpeisiin nopeasti noudettavasti. Varaston ylläpidosta vastaa joko työmaa, rauta-

kauppa tai toimittaja. (Riihimäki ym. 2009) Tetikin ym. (2018) mukaan myös toimittajien hallinnoimaksi varastoksi kutsuttava (engl. vendor-managed inventory, VMI) on logistiikkamalli, jossa toimittaja on vastuussa varaston suuruuden tarkkailusta ja täydentämisestä. Malli sopii erityisesti pienten tarvikkeiden logistiikan parantamiseen.

Nouto on useimmiten huonosta toimitusten hallinnasta kertova toimitustapa. Nouto on työmaa-henkilöstön tekemä tuotehaku rautakaupasta tai muulta toimittajalta, joka on perusteltua lähinnä harvoin toistuvien pientarvikkeiden hankintatapana. (Riihimäki ym. 2009)

2.2.2 Toimitusten suunnittelu ja ohjaus

Toimitusten suunnittelun ja ohjauksen tuloksena tarvittavat rakennusmateriaalit ja –tuotteet saadaan työmaalle kustannustehokkaasti, oikea-aikaisesti ja oikean suuruisina toimituserinä sekä varastoidaan ja käsitellään tehokkaasti. Toimitusten suunnittelu tulee aloittaa hankintavaiheessa ja jatkaa myös rakentamisen aikana. Toimituksia ohjataan käytännössä työmaavaiheessa. (Riihimäki ym. 2009)

Seuraavaksi käsitellään järjestyksessään toimitusten suunnittelu ja ohjaus hankintavaiheessa (1) ja työmaavaiheessa (2).

1) Hankintavaihe

Junnosen (2010) mukaan logistiikkaa suunniteltaessa työmaata on ajateltava kokonaisuutena. Kun hankintoihin liittyvää logistiikkaa suunnitellaan hyvissä ajoin, voidaan etsiä vaihtoehtoisia ratkaisuja toimitusketjun eri vaiheisiin. Logistiikkasuunnitelma laaditaan hankintojen yleissuunnittelun yhteydessä, jolloin hankintojen tarjouspyynnöt ehditään laatia sitä vastaavaksi. Logistiikkasuunnitelman tulee sisältää kaikki materiaalien fyysisen käsittelyn työvaiheet asennusta lukuun ottamatta. Logistiikkalaskelmien avulla voidaan arvioida eri toimitusvaihtoehtojen kustannuksia ja löytää kustannustehokkaimmat logistiset toimintaratkaisut.

Hankintatoimen tehtäviä hoidetaan yleensä joko työmaaorganisaation tai yrityksen hankintaosaston toimesta. Hankkeen taloudellisesti merkittävimpien hankintojen hoitoon osallistuu tyypillisesti keskitetty hankintaosasto. Vaativissa hankkeissa voidaan työmaalle nimittää oma ostajansa, joka hoitaa työmaan hankinnat työmaalta käsin. (Sahlstedt 2010)

Työmaaorganisaation vastuulla on tavallisesti hankinnan tekninen valmistelu. Työmaaorganisaatio määrittelee hankittavat materiaalit, niiden määrät sekä ostettavan alihankintatyön laajuuden ja aikataulun perustuen työpiirustuksiin. Normaalisti työmaalla hankintojen valmistelusta vastaavat työmaainsinööri sekä vastaava mestari. Hankintaosaston tehtävänä on tarkistaa ja muokata tarjouspyynnöt sekä suorittaa hankintakyselyt. Saatujen tarjousten perusteella valitaan neuvotteluihin toimittajat. Työmaaorganisaatio osallistuu toimittajan lopulliseen valintaan. (Sahlstedt 2010)

Hankintatavat ja –politiikat ovat organisaatiokohtaisia. Tyypillisesti hankintaosastolle kuuluvia tehtäviä ovat toimittajarekisterin ylläpito, sopimusasiakirjojen arkistointi, tarjouspyyntöjen postittaminen ja vastaanotto. Työmaaorganisaation vastuulle jäävät tarjouspyyntöjen valmistelu, hankintojen määrittely, toimittajan valinta ja sopimusten teko. (Sahlstedt 2010)

Toimitusten oikea-aikainen saapuminen työmaalle edellyttävät tarjous- ja toimitusajat huomioi-
vaa hankinta-aikataulua sekä suunnitelmien aikaisin saamista. Heti rakennushankkeen aikatau-
lutuksen jälkeen tehdään myös hankintasuunnitelma. Hankintasuunnitelmassa määritellään han-
kintakokonaisuudet ja –vastuut sekä hankintatapahtumisen ajoittamisen hankinta-aikataululle.
Hankintakokonaisuuden muodostavat ne rakentamisen kannalta kilpailuttamiselle sopivimmat
materiaalierät ja työkokonaisuudet. Hankintasuunnitelma on alisteinen muulle suunnittelulle.
(Sahlstedt 2010)

Hankinta-aikataulun avulla hankinnat linkitetään yleisaikatauluun ja varmistetaan rakennus-
osien ja aliurakoiden aikataulun mukainen saanti ja aloittaminen. Hankintatapahtumille varataan
riittävästi aikaa toimituksen aloituksesta taaksepäin, jolloin tarjouspyynnölle, tarjouksen antami-
selle ja käsittelylle sekä neuvotteluille ja päätöksille varataan riittävästi aikaa. Tarvittavan ajan
suuruuteen vaikuttavat hankinnan vaativuus ja kriittisyys sekä markkinatilanne. (Sahlstedt 2010)

Toimitukset ajoitetaan yleensä jollekin toimitusikkunalle, koska itse projektissa ja tavaraerien
kohdalla on omat myöhästymisriskinsä. Toimittajan tulee olla valmis toimittamaan toimitusikkunan
alkuun, mutta toimitus tehdään vasta työmaan kotiinkutsusta. Materiaalien säilyttämisestä toimit-
tajan varastossa ja sen aiheuttamasta lisäkustannuksesta kuuluu sopia toimittajan kanssa. (Sahl-
stedt 2010)

Hankintaosasto ja työmaa suunnittelevat yhdessä materiaalien toimitustavat. Hankintavai-
heessa suunnitellaan alustavasti toimituserien lukumäärä, erä koko, pakkaustapa, ajoitus (myös
kellonajat, jos toimitus halutaan normaalin työajan ulkopuolella), varastointi, siirrot, suojaus ja toi-
mitusehdot, jotta nämä voidaan esittää tarjouspyynnössä. (Sahlstedt 2010)

Toimitusten suunnittelussa tulee ottaa työmaalla vallitsevat olosuhteet huomioon. Materiaalien
valinnassa tulee huomioida väliaikaiset varastointiolot ja sen mahdollisesti vaativat säänkestä-
vyys tai suojaustoimenpiteet. Työmaalle voidaan tilata myös määrämittäisiä tai esivalmistettuja
rakenneosia vähentäen hukkapaloja. Teoreettiset materiaalimenekit tulee määritellä tarkasti.
(Sahlstedt 2010)

Hankkeesta tehdään osasuunnitelmia osana ennakoivaa tuotannonohjausta. Näiden avulla
varmistetaan tehtävien aloitus- ja toteutusedellytykset ja ne sisältävät hankintojen kannalta oleel-
listä tietoa. Tehtäväsuunnitelmat tulee tehdä jo ennen tarjouspyyntöjen tekemistä, jotta niiden
sisältämää tietoa voidaan hyödyntää tarjouspyynnössä, neuvotteluissa ja sopimuksessa. (Sahl-
stedt 2010)

Työmaan perustamisvaiheessa tulee suunnitella rakennustarvikkeiden toimitukset, vastaan-
otot, siirrot ja varastointi työmaalla sellaisella tarkkuudella, että voidaan määritellä niiden käsitte-
lyyn tarvittavat henkilöresurssit, kuljetustiet ja purkualueet, nosto- ja siirtokalusto, varastointialu-
eet ja –tilat. Työmaan aluesuunnitelmaa tehtäessä tulee pyrkiä minimoimaan materiaalin siirtelyn
tarve työmaalla. Purku- ja varastointipaikka valitaan mahdollisimman läheltä käyttöpaikkaa. Ajo-
teiden kantavuuden tulee olla riittävä ja työmaan sisäisen liikenteen vaatimusten mukainen. Alue-
suunnitelman tulee kuvastaa työmaa-alueen käyttöä ja sitä tulee päivittää työmaan edistyessä
tarkoituksenmukaisesti vähintään maanrakennus-, runko-, ja sisävalmistusvaiheittain. Aluesuun-
nitelmaan merkitään tyypillisesti työmaan logistiikkaan liittyen:

- Materiaalien ja tuotteiden vastaanotto-, purku- ja varastointipaikat,
- ajo- ja kulkureitit,
- siirtoreitit ja -laitteet,
- jätteenkäsittely,
- työpisteet ja
- työmaan lohko- ja paikkajako. (Sahlstedt 2010)

Nosto- ja siirtokalusto tulee valita hankkeen kannalta taloudellisesti ja turvallisesti, mahdollistaen rakentamisen etenemisen tuotantosuunnitelmien mukaisesti. Nostosuunnittelussa tarkastellaan nosto- ja siirtokalustoa kokonaisuutena, joka kattaa kaikki työmaan vaaka- ja pystysiirrot sekä rakennuksen ulko- että sisäpuolella. Työmaata tulee miettiä kokonaisuutena logistiikkaa suunniteltaessa. Runkovaiheessa tulee arvioida sisävaiheessa käytettäviä materiaaleja, joista raskaita tai hankalasti liikuteltavia kannattaa nostaa holville jo rakentamisen aikana. Helposti vaurioituvaa materiaalia kannattaa toimittaa työmaalle ja siirtää suoraan asennuspaikalle vasta juuri ennen asennusta. (Sahlstedt 2010)

2) Työmaavaihe

Yleissuunnittelu ei ole tarkkuudeltaan riittävä toimitusten ohjaamiseksi, joten työnjohdon on tarkennettava omien vastuualueidensa työnsuunnittelua yleissuunnitelmien pohjalta. Tarkennetut suunnitelmat voivat olla muodoltaan tehtäväsuunnitelmia tai viikkosuunnitelmia ja niiden pohjalta tehdään tarkennettu aikataulu, johon merkitään kunkin osakohteen toimitusten kotiinkutsu-, varmistus- ja toimituspäivät. (Riihimäki ym. 2009)

Työnjohdolla ei ole enää rakentamisen aikana suuria mahdollisuuksia muuttaa yleissuunnittelussa päätettyjä logistisia ratkaisuja. Työnjohdon tehtäviä rakentamisvaiheen toimitustenohjauksessa ovat:

- toimitusmenettelyjen täsmentäminen,
- työmaa-alueen toimivuudesta huolehtiminen,
- toimituserien kotiinkutsut,
- toimitusten varmistaminen,
- tuotteiden vastaanotot ja tarvittavan nosto-, siirto- ja suojauskaluston järjestäminen.

(Riihimäki ym. 2009)

Aliurakoitsijoiden toimituksia ohjataan kuten omia toimituksiakin. Aliurakoitsijoiden toimitukset sovitaan työmaan kanssa ja valvotaan, jotta purkupaikat, ajotiet ja kalusto ovat oikea-aikaisesti vapaina. Työnjohtajien on suunniteltava oman vastuualueensa toimitukset sekä heille vastuutetut aliurakoitsijoiden toimitukset ja merkittävä ne aikatauluun. Työmaa edetessä voi ilmetä tarvetta siirtää toimituksia, jolloin toimittajiin on oltava välittömästi yhteydessä. (Riihimäki ym. 2009)

Työmaavaiheen toimituksen ohjauksen toimenpiteet voidaan jakaa viiteen vaiheeseen: (1) Toimitusmenettelyn täsmennys, (2) Toimituserien kotiinkutsut, (3) Vastaanoton valmistelu, (4) Kuljetus ja (5) Vastaanotto. (Riihimäki ym. 2009)

- (1) Toimitusmenettely täsmennetään, kun työn aloittaminen ja toimitusajankohta lähestyvät. Tällöin tarkennetaan ja sovitaan toimituserien määrät, koko ja ajoitus. Toimitussopimuksen sisältö tarkistetaan ja muutetaan tai täydennetään mikäli se on tarpeen. (Riihimäki ym. 2009)

Toimituserien suuruuteen vaikuttavat työmaan varastointimahdollisuus, aikataulu ja varastointi- ja kuljetuskustannukset. Materiaalit kannattaa tilata asennuskohteittain, minkä vuoksi työmaahenkilöstön tulee laskea tilakohtaiset määrät ennen tilausta. Tuotteiden setitys suunnitellaan etukäteen tehtaalla, terminaalissa tai vasta työmaalla tehtäväksi. (Riihimäki ym. 2009)

Aluesuunnitelmassa tulee olla varattu ajoreiteille, tuotteiden vastaanottoon, purkuun ja varastointiin paikat sekä siirtoreitit. Aluesuunnitelmaa tulee päivittää työmaan edessä rakennusvaiheittain. (Riihimäki ym. 2009)

Aliurakoiden ja omien toimitusten ohjaukseen työmaalla voidaan vaikuttaa parhaiten ennen sopimuksen syntyä. Neuvotteluissa sovitaan yhteisistä, molempia velvoittavista pelisäännöistä. Siirtotehtävät voidaan jakaa eri toimijoiden kesken esimerkiksi niin, että pystysiirrot ovat pääurakoitsijan vastuulla ja vasta kerroksissa tapahtuvat vaakasiirrot aliurakoitsijan. Aloituspalaverissa käydään läpi ja sovitaan lopulliset toimitusmenettelyt. Myöhästyneistä toimituksista voidaan määrätä sakko, jos tilaajan on varattava työmaalle resursseja kuorman purkua varten. (Riihimäki ym. 2009)

Työmaan on valvottava aliurakoitsijan tuotannon edistymistä ja laatua ja siirrettävä tätä tietoa kokousten ja katselmusten välityksellä. Varsinaiset tuotannonohjaustoimet kuuluvat aliurakoitsijan työnjohdolle. Töiden sujuvuuteen vaikuttaa myös työmaapäällikön tapa johtaa ja ohjata työmaata. (Riihimäki ym. 2009)

- (2) Toimituserien kotiinkutsut tulee tehdä ennalta sovitulla tavalla ja samalla varmistetaan, että tuotanto ja toimitukset vastaavat aikataulua eikä niissä ole ongelmia. Työmaan tulee myös tiedottaa toimittajaa mahdollisista muutoksista ajoissa. Toimitusten tulee olla asennuskohteessa aikataulun mukaisesti ja riittävän ajoissa, mikäli tuotteen tulee tasaantua asennusolosuhteisiin. Kotiinkutsun yhteydessä tulee selvittää yhteyshenkilön tiedot. Toimittajille voidaan lähettää etukäteen työmaan aluesuunnitelma, jolloin tuotteiden purkupaikka on selvä. (Riihimäki ym. 2009)
- (3) Vastaanoton valmistelussa työnjohdon on varmistettava, että tavarantoimittamiselle ei ole esteitä. Mestän, kuorman purkupaikan ja varastointipaikan on oltava kunnossa ja nosto-, siirto- ja suojauskaluston valmiina. Siirto, nosto ja varastointi suoritetaan toimituksen mukana tulleen tai valmistajan antaman ohjeen mukaisesti. Ennen toimitusta, on varattava riittävästi aikaa ulkopuolisen työvoiman perehdyttämiseen, mikäli sellaista käytetään siirrossa. (Riihimäki ym. 2009)
- (4) Kuljetusvaiheessa kannattaa olla yhteydessä kuljetusliikkeeseen erityisissä toimituksissa, jotka ovat aikataulullisesti kriittisiä tai vaativat paljon varastotilaa tai erityisiä purkuresurs-

seja. Toimittajan kanssa on sovittava toimitusaika, kuorman tarkastus ja kuormakirjan kuitaus, purkupaikka ja kulkuyhteys työmaalle, kuljetuskalusto ja kuljettajan tarvitsemat suojavarusteet. (Riihimäki ym. 2009)

- (5) Tuotteiden vastaanotossa työmaahenkilöstö valvoo ja ohjaa tavarantoimittajien toimintaa. Erityisen tärkeää on ohjata toimituksia, jotka ovat hankalasti siirrettäviä, vaativat paljon varastotilaa tai ovat herkkiä vaurioille. Kuorman purku tulee suorittaa ilman ylimääräisiä siirtoja tai muiden töiden hankaloittamista. (Riihimäki ym. 2009)

Onnistuneessa toimituksenohjauksessa:

- sovittu toimituserä saapuu työmaalle oikea-aikaisesti,
- kuorman purkamiseen ja siirtoon soveltuva kalusto on valmiina,
- työntekijät ovat valmiina ja opastettuina materiaalin siirtoon ja suojaamiseen,
- varastointipaikka ja suojauskalusto on valmisteltu,
- tarvittavat toimitusta koskevat dokumentit ovat työmaalla,
- vastaanoton yhteydessä toimitus on tarkastettu, kirjattu kuormakirjaan ja toimittajalle annettu palautetta (Riihimäki ym. 2009)

2.3 Toimitusten kehittäminen

Lähtökohtana työmaatoimitusten suunnittelulle ja toimitusten arvioinnille on työmaatoimitusten mittaaminen, josta saatavaa arvokasta dataa voidaan hyödyntää faktoihin perustuvien kehityspäätösten tekemiseen. Mittaamista esitellään alaluvussa 2.3.1. Riihimäki ym. (2009) ovat tutkineet työmaatoimitusten poikkeamia, joita käsitellään ja joihin esitetään kehitysehdotuksia alaluvussa 2.3.2. Alaluvussa esitetään myös muita tyypillisiä ratkaisuja työmaatoimitusten kehittämisen keinoja perustuen Tetik ym. (2018) tutkimuksen.

2.3.1 Työmaatoimitusten mittaaminen

Mittareiden avulla kuvataan halutun mittauskohteen eli tuotteen, palvelun tai prosessin tiettyä ominaisuutta. Mittareiden tuottama objektiivinen tieto on luotettavampaa kuin arvioijan henkilökohtainen arviointikyky. Mittaritietoa voidaan käyttää joko eri mittauskohteiden keskinäiseen vertailuun tai tietyn mittauskohteen kehittämisen seuraamiseen. (Riihimäki ym. 2009)

Toimitusten arviointia voidaan tehdä perustuen mittaamiseen, jolloin saadaan kiistatonta tietoa, mikä toimituksissa ja niiden ohjauksessa toimii ja mikä ei. Tällöin parannustoimenpiteitä voidaan kohdistaa objektiivisesti ja taloudellisesti hyödyllisesti. Työmaatoimitusten suoriutumista voidaan mitata kahdella tasolla: toimituseräkohtaisesti ja tuotekohtaisesti. (Riihimäki ym. 2009)

Toimituseräkohtaisesti mitatessa arvioidaan tiettyä yksittäistä toimitusta kerrallaan. Mittaritieto kerätään vastaanoton yhteydessä ja sitä voidaan luonnehtia laajennetun kuormakirjan täyttämiseksi. Yksittäiseen toimituserään on vaikea liittää hyödyllistä kustannus- tai työmenekkimittaria, joten toimituseräkohtaiset mittarit ovat pääasiassa toimivuusmittareita. Tietoa tulee kerätä mm. seuraavista:

- Oliko tarkka toimitusajankohta tai aikaikkuna sovittu etukäteen?

- Varmistettiinkö toimitus etukäteen?
- Saapuiko toimitus ajallaan?
- Tehtiinkö vastaanottotarkastus?
- Vastasiko toimitusmäärä tilausta?
- Oliko toimituksessa laatuvirheitä? (Riihimäki ym. 2009)

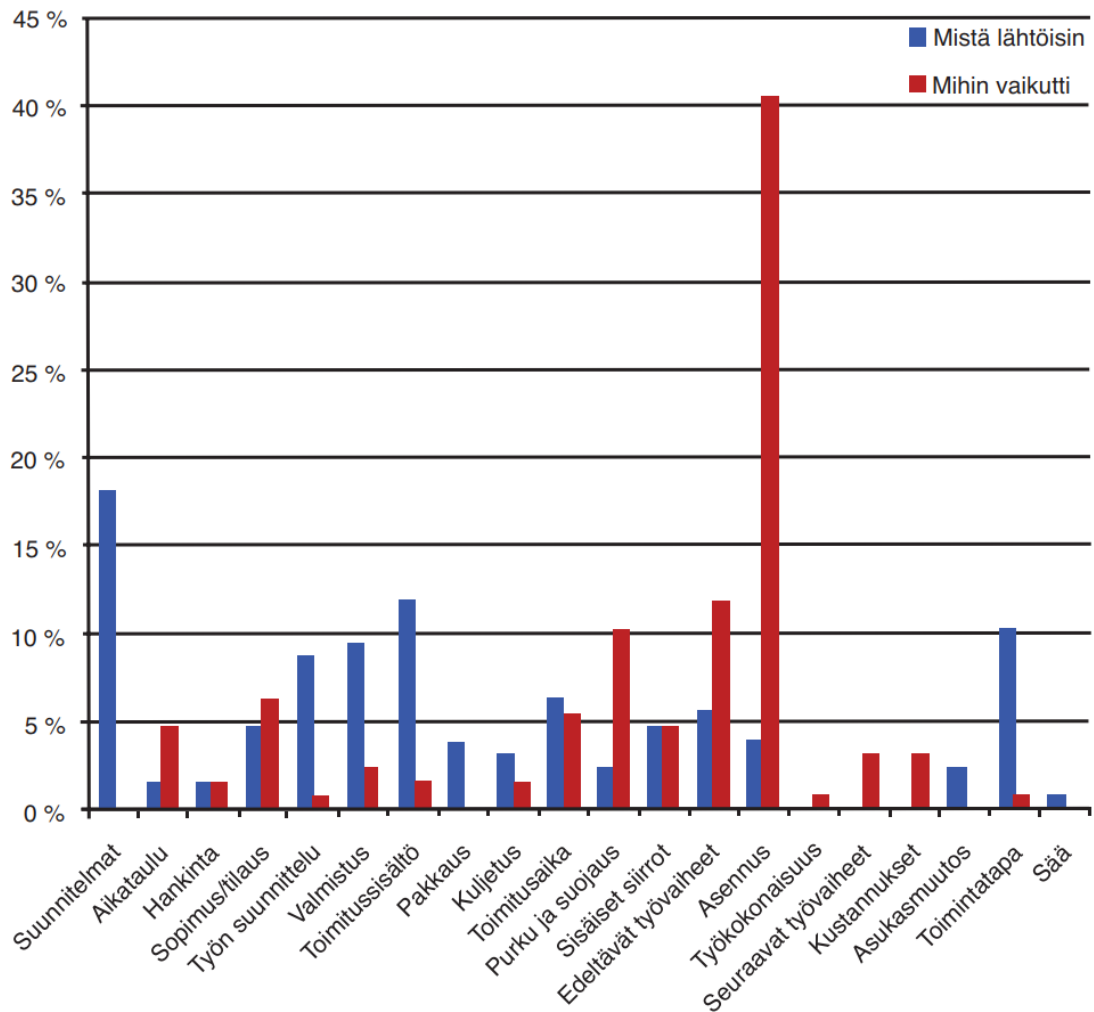
Kun näiden kysymysten mukaista dataa kerätään saman toimittajan tai samojen tuotteiden useista toimituseristä, voidaan niistä muodostettujen mittarien avulla verrata eri toimittajia keskenään tai arvioida tietyn toimittajan toimitustäsmällisyyden kehittymistä. (Riihimäki ym. 2009)

Tuotekohtaisessa mittaamisessa arvioidaan koko toimitusta ja kerätään tietoa kustannuksista, joita ei voida yhdistää tietyille toimituserille. Tuotekohtaisen mittaamisen avulla voidaan arvioida tietyn tuotteen koko toimitusketjun toimivuutta ja kustannuksia. Tämän avulla voidaan mm. vertailla eri toimitustapoja. Kerättävää tietoa ovat mm.:

- Hankinnan työkustannukset
- Työnjohdon kustannukset hankinta- ja työmaavaiheessa
- Nosto- ja siirtokaluston kustannukset
- Materiaalin varastoinnin ja suojauksen kustannukset
- Toimitusvirheistä aiheutuneen lisätyön ja työmaan keston pidentymisen kustannukset (Riihimäki ym. 2009)

2.3.2 Työmaatoimitusten kehityskohteet

Riihimäen ym. (2009) mukaan työmaiden materiaalitoimituksia seuraamalla havaittiin, että suunnitelmista ja menettelytavoista poikettiin varsin usein. Poikkeamien seuraukset olivat myös valtaosaltaan huonoja työmaan kannalta. Suurimmat negatiivisten poikkeamien aiheuttajat olivat suunnittelu ja toimitussisältö. Pääosa poikkeamista ilmeni kuorman purkamisen, tuotteiden suojaamisen tai vasta asennustyön aikana. Kuvassa 15 on esitetty eri havaittujen poikkeamisten aiheuttajat ja niiden ilmeneminen.



Kuva 15. Työmaahan haitallisesti tai neutraalisti vaikuttaneiden, toimitusmenettelyjen poikkeamien aiheutusyyt ja niiden ilmeneminen (Riihimäki ym. 2009)

Suunnittelun aiheuttamien poikkeamien vähentämiseksi tulee kehittää menettely, jolla varmistetaan, että pääsuunnittelija tai tehtävään vastuutettu henkilö tarkastaa suunnitelmien toteutuskelpoisuuden ja havaitsee ristiriidat. Suunnitelma-aikataulu laaditaan yleis- ja hankinta-aikataulun pohjalta ja pääsuunnittelijan tulee määrittää suunnitelma-aikatauluun hankintakokonaisuuksien vaatimat piirustukset. Pääsuunnittelijan on valvottava suunnitelma-aikataulussa pysymistä ja huolehdittava, ettei tuotannossa oleviin suunnitelmiin tehdä enää muutoksia. Suunnitelmien muuttuessa pääsuunnittelijan on tarkastettava mihin suunnitelmiin muutoksella on vaikutus, ilmoittaa muutoksesta työmaalle ja tarkastaa, että kaikki muutospiirustukset ovat tuotannossa ennen materiaalien valmistusta. (Riihimäki ym. 2009)

Työmaalla tulee olla suunnitelmien tarkastamiseen varattuna riittävä aika ja mahdollisuus. Työmailla, joilla oli paljon suunnitelmista johtuvia häiriöitä, valitettiin usein kiirettä, jonka vuoksi suunnitelmia ei ehditty kunnolla tarkastaa. Aikataulussa olevilla ja järjestelmällisesti työt valtuutetuilla työmailla ei kiirettä valitettu. Tällöin myös toimitusten ohjaus ja tarkastustoimet tehtiin ajallaan ja niistä aiheutuvien häiriöiden selvittämiseen ei mennyt aikaa. (Riihimäki ym. 2009)

Aikataulu- ja suunnitelmamuutoksista toimittajalle tiedottamiseen on sovittava selkeät menettelyt, jotta siitä aiheutuvia häiriöitä voidaan minimoida. Myös toimittajan on tiedotettava toimitusmuutoksista työmaalle. Toimituspuutteet ja toimitussisällön virheet voidaan myös sanktioida. (Riihimäki ym. 2009)

Yritysten toimintajärjestelmien käytön havaittiin usein olevan ristiriidassa sovittuihin menettelytapoihin nähden. Henkilöstön on toimittava ohjeiden mukaan muutoin ohjeet ovat käytäntöön kelpaamattomia tai ohjeistus puutteellista. Toimintajärjestelmiä tulee kehittää ja henkilöstöä kouluttaa. (Riihimäki ym. 2009)

Vastaavan työnjohtajan tai hankinnoista vastaavan tulee huolehtia, että kaikki työmaalle tulevat toimitukset ovat vastuutettu työnjohdolle työmaan organisaation mukaisesti. Työnjohdon tulee ohjata hankintaosaston tekemiä hankintoja ja valvoa aliurakoitsijoiden toimituksia. Työnjohtajien tulee myös tarkentaa hankintasuunnitelmat ja –aikataulut omien vastuualueiden osalta. Työmaan sisäisissä palavereissa on sovittava vastaavan työnjohtajan johdolla toimitusten yhteensovitus ja logistiset ratkaisut. Työmaakokouksissa käsitellään toimitusten ohjaustoimet kuten muukin aikataulullinen ja logistinen ohjaus. Omat ja muiden toimitukset varmistetaan kokouksissa ja niille sovitetaan purku- ja nostokalusto sekä purku- ja varastopaikat. (Riihimäki ym. 2009)

Hankintaosaston ja työmaaorganisaation kommunikointia on parannettava. Mahdollisista tietokatkoksista voi seurata, että mm. työmaa ei aina tiedä hankintaosaston tekemistä sopimuksista. Työmaan ja toimitusten sujuvuuden kannalta tietyt perusasiat tulee käydä yhdessä läpi. (Riihimäki ym. 2009)

Sopimusten tulee olla huolellisesti tehtyjä. Aliurakoitsijoiden ja tavarantoimittajien kanssa tehtäviin tilaussopimuksiin on kirjattava myös yhteiset pelisäännöt, jotta epäselvyyksiltä ja ongelmilta vältytään. (Riihimäki ym. 2009)

Mittareita käyttämällä voidaan vähentää ja ennakoida häiriöitä. Yrityskohtaisesti tulee harkita ja päättää miten ja mitä mittaritietoa halutaan kerätä. Mittaamisesta saadaan hyötyä vain kun mittaritietoa kerätään, tietoa käsitellään ja analysoidaan sekä sen perusteella tehdään johtopäätöksiä. (Riihimäki ym. 2009)

Muita toimitusten kehittämisen keinoja ovat logistiikkaurakoitsijan käyttö, esivalmisteiden lisääminen ja työmaan materiaaliseurannalla. Logistiikkaurakoitsijan käyttö lisää työmaan suorituskykyä parantamalla resurssien käyttöä sekä vähentää rakennustuotannon ja materiaalinhallinnan keskinäistä häirintää. Esivalmistuksella ja –asennuksella tarkoitetaan osan valmistuksen siirtämistä kontrolloituun ympäristöön, josta se voidaan toimittaa työmaalle asennettavaksi. Malli vähentää työmaalla tehtävän työn määrää. Yhdistettynä täsmätoimitukseen, sillä voidaan vähentää myös työmaan varastointitarvetta. Työmaan materiaalinseurannalla voidaan parantaa materiaalityötoimitusten ja –hallinnan läpinäkyvyyttä ja hallintaa. Erilaisia materiaalinseurantaa mahdollistavia tekniikoita ovat GPS, RFID ja Bluetooth. Rakennusalan tuottavuutta ja logistiikkaa voidaan parantaa paremmalla materiaalinseurannalla ja ohjata tuotantoa sen avulla. Tekniikat soveltuvat hyvin monien erilaisten materiaalien seuraamiseen. (Tetik ym. 2018)

3. TAPAUSTUTKIMUS KORKEAN RAKENTAMISEN LOGISTIIKASTA

Yinin (2014) mukaan tapaustutkimus voidaan määritellä olevan: ”—pyrkimys valottaa päätöstä tai joukkoa päätöksiä: miksi ne tehtiin, kuinka ne pantiin toimeen ja millä vaikutuksella”. Tapaustutkimus soveltuu erityisesti kompleksisten tutkimuskohteiden ymmärtämiseen, tuottamalla kokonaisvaltaisen ja todelliseen maailmaan kytkeytyneen kuvauksen.

Luvussa käsitellään tapaustutkimus menetelmänä, sen suunnittelu, toteutus, havainnot ja havaintojen soveltaminen Suomessa korkeassa rakentamisessa alaluvuissa 3.1-3.5.

3.1 Tapaustutkimus menetelmänä

Tässä alaluvussa tavoitteena on kuvata tapaustutkimus tutkimusmenetelmänä ja alaluvuissa 3.1.1-3.1.3 käsitellään eri datan keräämisen menetelmiä, tapaustutkimuksen toteutuksen periaatteet ja aineiston analysointi.

3.1.1 Datan kerääminen

Yinin (2014) mukaan tapaustutkimuksessa tutkimusaineistoa voidaan kerätä kuudella (6) menetelmällä (s.103). Tapaustutkimuksissa on tarkoitus hyödyntää mahdollisimman monia eri menetelmistä parhaan mahdollisen kokonaiskuvan saamiseksi. Menetelmät ovat: (1) dokumentointi (engl. documentation), (2) arkistoitu tieto (engl. archival records), (3) haastattelut (engl. interviews), (4) suorat havainnot (engl. direct observation), (5) osallistavat havainnot (engl. participant-observation) ja (6) fyysiset esineet (engl. physical artifacts). Seuraavaksi käydään jokainen tutkimusaineiston keräämisen menetelmä läpi lyhyesti ja neljä periaatetta niiden keräämiseen menetelmästä riippumatta.

Dokumentoinilla (1) tarkoitetaan lähes jokaisen tapaustutkimuksen kannalta oleellista tutkimusaineiston keräämisen menetelmää, jossa hyödynnetään useita saatavilla olevia dokumentteja. Dokumentteja voivat olla mm.: kirjeet, sähköpostit, kalenterimerkinnot, kokousmuistiot, ehdotukset ja uutisartikkelit. Näitä dokumentteja ei kuitenkaan tule aina ottaa kirjaimellisenä tapahtumien kuvauksena vaan ennemmin lähtökohtana suunnata tulevaa tutkimusta. Tulee ymmärtää, että jokaisella dokumentilla on laadittaessaan päämäärä, joka kuvastaa eri osapuolten kommunikointia. Niitä voidaan myös hyödyntää muiden menetelmien jättämien aukkojen täyttöön tai lisätutkimusten tarpeellisuuden arviointiin, jos niissä havaitaan ristiriitaisuutta. Dokumentoinnilla on arvokas rooli tapaustutkimuksissa ja se etu muihin menetelmiin nähden, että niitä voidaan käsitellä joustavasti muun tutkimuksen ohella ja riippumattomasti muusta aineiston keräämisestä. (Yin 2014)

Arkistoidulla tiedolla (2) tarkoitetaan usein sähköisessä muodossa olevia tiedostoja kuten mm.: julkinen tilastotieto, organisaatioiden budjetit, henkilöstölistat, kartat ja edelliset tutkimukset

koskien tapaustutkimuskohdetta. Toisin kuin dokumentoinnilla, arkistoidun tiedon hyödynnettävyys vaihtelee paljon riippuen tutkimuskohteesta. Samaan tapaan kuin dokumentoinnissa, tutkimuksessa tulee suhtautua varauksella arkistoituihin tietoihin, sillä myös se sisältää julkaisijoiden puolueellisuutta. (Yin 2014)

Haastattelut (3) ovat yksi tapaustutkimuksen tärkeimmistä tiedonlähteistä. Tyypillisesti tapaustutkimuksen haastattelut ovat teemahaastatteluja koska ne ovat joustavia ja sisältävät mahdollisuuden esittää tarkentavia jatkokysymyksiä. Haastatteluissa on tärkeää olla esittämättä johdattelevia kysymyksiä. Usein halutaan tietää ”miksi” jotain tehtiin, mutta koska se saattaa aiheuttaa vastaajassa defensiivisyyttä, on parempi esittää kysymyksiä ”miten”-muodossa. Haastattelut voidaan äänittää mutta sen ei tule estää tarkkaavaisuutta itse haastattelutilanteessa ja siihen on aina oltava haastateltavan lupa. Tyypillisesti tapaustutkimuksissa hyödynnetään useita haastatteluja, joista osa on pidempiä ja vaativat enemmän avoimia kysymyksiä ja osa lyhyempiä, jotka tulee tarkemmin suunnitella vastaamaan tiettyyn tietotarpeeseen. (Yin 2014)

Koska tapaustutkimusten ominaispiirteenä on sijoittuminen todelliseen maailmaan, mahdollistaa se suorien havaintojen (4) tekemisen. Suorat havainnot voivat olla luonteeltaan virallisempia tai rennompia. Erilaisia suoria havaintoja ovat mm.: käyttäytymisen tai työn tarkkailu ja havainnot ympäristöstä. Esimerkiksi havainnot ympäristöstä voivat kertoa työnteon kulttuurista tai haastateltavan statuksesta organisaatiossaan. Suorat havainnot ovat usein hyödyllisiä arvokkaan lisätiedon hankkimisessa kohteesta. Uuden toimintamallin tai teknologian tutkimisessa usein arvokasta on seurata sitä itse toiminnassa ja havainnoida mahdollisia ongelmia. Suorien havaintojen tueksi kannattaa usein ottaa valokuvia niiden kuvastamiseksi. Kuvia ottaessa täytyy muistaa niiden mahdollinen luvanvaraisuus. Usean eri tarkkailijan havainnot tekevät tutkimuksesta luotettavamman. (Yin 2014)

Osallistavat havainnot (5) ovat havainnoinnin erikoismalli, jossa ei pelkästään tarkkailla tapausta ulkopuolisesti vaan tosiasiallisesti osallistutaan tutkittavaan tapaukseen. Osallistavassa havainnoinnissa on poikkeuksellisia mahdollisuuksia mutta myös haasteensa. Usein osallistumalla päästään käsiksi tietoon ja henkilöihin, joita ei ulkopuolisena voisi yhtä hyvin tutkia. Tutkittavan organisaation tai ilmiön sisältä tarkkaillen voi myös saada poikkeavan perspektiivin ja jopa mahdollisuuden tilanteiden ohjaamiseen. Osallistavan havainnoinnin haasteena on sen seurauksena syntyvä mahdollinen puolueellisuus sekä osallistavuuden aiheuttama työtaakka, joka saattaa heikentää havaintojen tekemistä. Tutkijalla ei välttämättä ole riittävästi aikaa tehdä muistiinpanoja tai kysyä kysymyksiä eri perspektiivistä. (Yin 2014)

Fyysiset objektit (6) on viimeinen tutkimusaineiston keräämismenetelmä. Näitä voivat olla esim.: teknologinen esine, työkalu ja työn tuotos. Joissain tutkimuksissa fyysisiä objekteja keräämällä voidaan saada poikkeuksellisen hyödyllistä tietoa. (Yin 2014)

3.1.2 Toteutuksen periaatteet

Yinin (2014) mukaan tapaustutkimuksen teossa tulee noudattaa neljää periaatetta, joiden avulla tutkimuksesta tulee validimpi ja luotettavampi. Periaatteet ovat: käytä useampaa tutkimusaineiston keräämismenetelmää, luo aineistosta tietokanta, ylläpidä todisteiden ketju ja suhtaudu varoen sähköisistä lähteistä peräisin olevaan tietoon.

Useampaa tutkimusaineiston keräämismenetelmää käyttämällä päästään hyödyntämään tapaustutkimuksen potentiaalia kattavammin. Useampia keräämismenetelmiä hyödyntävät tutkimukset on arvioitu laadukkaammiksi kuin yksittäiseen menetelmään tukeutuvat tutkimukset. Suurin hyöty tapaustutkimuksesta voidaan saavuttaa, kun käytetään triangulaatiota. Triangulaatiossa pyritään osoittamaan tiettyyn löydökseen useammalla tiedonkeruumenetelmällä, jolloin havainto ja siitä tehtävät johtopäätökset ovat luotettavampia. (Yin 2014)

Aineistosta tehdyllä tietokannalla tarkoitetaan tutkimusaineiston kokoamista tietokantaan, jolloin ulkopuolisen on mahdollista tarkastella tutkimusaineistoa uudelleen. Tietokantaan tulee kerätä kaikki kerätty aineisto esim. pelkän numerodatan sijaan. Näin tutkimuksesta kiinnostuneiden on mahdollista tutustua myös tutkimuksessa esittämättömään dataan sen alkuperäisessä muodossa, mikä lisää tutkimuksen luotettavuutta. (Yin 2014)

Todisteiden ketjun ylläpidolla tarkoitetaan periaatetta, jonka mukaan ulkopuolisen tarkastajan tulee olla mahdollista seurata päättelyketju todisteesta johtopäätökseen katkeamattomasti. Tällöin havainnoista tulee olla selkeät viittaukset niiden alkuperäiseen tutkimusaineistolähteeseen ja ne ovat tarkastettavissa. (Yin 2014)

Sähköisistä lähteistä peräisin olevaan tietoon varoen suhtautumisen periaatteella tarkoitetaan erityistä kriittisyyttä, jolla näistä lähteistä olevaan tietoon tulee suhtautua. Internetissä olevat lähteet voivat olla hyödyllisiä osana tutkimusta mutta useammin kuin muissa lähteissä, tiedot voivat olla virheellisiä tai puolueellisia. Lisäksi internetistä peräisin olevien materiaalien käyttöön tulee luonnollisesti pyytää erikseen lupa. (Yin 2014)

3.1.3 Datan analysointi

Yinin (2014) mukaan tapaustutkimuksen datan analysointi on vähiten kehittynyt osa-alue tapaustutkimuksen teossa. Hyvä lähtöpiste aineiston käsittelyyn voi olla sillä ”leikkiminen”. Datasta muotojen etsintä mm. sitä erilaisiin muotoihin muokatessa voi olla avuksi siitä havaintojen teossa. Dataa usein myös käsitellään jo keräysvaiheessa, jolloin siitä muodostuu vähitellen kokonaiskuva, jota datan lopullinen raportointi mukailee.

Aineiston analysointiin on useita geneerisiä strategioita mutta myös kehittyneempiä spesifeihin tapaustutkimuksiin soveltuvia erikoistekniikoita.

3.2 Tapaustutkimuksen suunnittelu

Yinin (2014) mukaan tapaustutkimuksen suunnittelussa erityisen tärkeää on määritellä tapaustutkimuksen kysymykset, tutkimuksen kohde tai kohteet ja kriteerit havaintojen tulkinneille.

Tapaustutkimuksessa haluttiin vastata kysymykseen: ”Kuinka korkean rakentamisen logistiikka voidaan järjestää vastuiden, suunnittelun ja laitteiden osalta sekä mitä muita erityispiirteitä sille on tyypillistä?” Kysymyksen logistiikalla-sanalla tarkoitetaan logistiikan merkitystä, joka sisältää materiaalin saapumisen työmaalle ja lopulliseen asennuskohteeseen siirtymisen sekä siihen liittyvät prosessit, niiden suunnittelun ja vaikutukset rakentamiseen. Näin mitään mahdollisesti hyödyllistä aspektia ei jää huomioimatta.

Tapaustutkimuksen kohteeksi haluttiin valita toimija, jolla on kattavaa kokemusta korkeasta rakentamisesta ja myös nykyisiä hankkeita. Näin voidaan varmistaa, että lähteestä saatava aineisto perustuu vakiintuneihin, hyväksi todettuihin käytäntöihin mutta kuvastavat myös nykyisiä korkean rakentamisen tekniikoita ja malleja. Havaintojen tulee perustua mahdollisuuksien mukaan mahdollisimman monella eri menetelmällä kerättyyn, tutkimuksen kohteelta saatavilla olevaan aineistoon.

Kriteerien mukaisesti lähdettiin etsimään yrityksiä, joilla on korkean rakentamisen kokemusta ja nykyisiä hankkeita olemassa olevien ja uusien kontaktien avulla. Tarkoituksena oli suorittaa tapaustutkimus kohteessa sekä kerätä muutakin hyödyllistä tietoa puolin ja toisin oppimisen -periaatteella. Tapaustutkimuksen kestoksi haluttiin vähintään kaksi ja enintään neljä viikkoa, jolloin päästään varmemmin todelliseen toimintaan ja käytäntöihin. Lyhyemmällä ajanjaksolla saataisi kohdeyrityksellä olla enemmän mahdollisuutta ns. ”asioiden kaunisteluun”. Riittävällä kestolla parannetaan siten havaintojen validiteettia. Tapaustutkimuksen haluttiin suorittaa kesällä 2019 ja ajanjakso tarkentui lopulta ennen lomajaksoa suoritettavaksi.

3.3 Tapaustutkimuksen toteutus

Eri yritysten kontaktoinnin seurauksena löydettiin useampia yhteistyöhalukkaita yrityksiä enimmäkseen Pohjois-Amerikasta. Yrityksiä karsittiin vierailun aikataulullisen sopivuuden perusteella. Kaksi potentiaalisinta kohdeyritystä kontaktoinnin ja karsimisen perusteella olivat Texasilainen ja Torontolainen yritys. Lopulta näistä kahdesta yrityksestä valittiin Torontolainen yritys, koska sen toimintaympäristö arvioitiin paremmin vastaavan Suomen rakentamisen olosuhteita niin sääntelyn kuin ilmastokin perusteella.

Tapaustutkimuksen aineiston kerääminen ja vierailu kohdeyrityksessä ajoittui ajanjaksolle 26.5.2019-14.6.2019, johon sisältyi 15 työpäivää. Ajanjaksolla pidettiin erityisesti vierailua varten kahden päivän ajan työpaja, jossa käsiteltiin puolin ja toisin intensiivisesti korkeaa rakentamista ja esiteltiin nykyisiä ja menneitä hankkeita. Loput 13 työpäivää tutustuttiin käytäntöihin ja seurattiin yritystä sen tavallisessa toiminnassaan. Tällä ajanjaksolla tietoa kerättiin kokouksiin osallistumalla, yrityksen henkilöstöä yksittäin haastatellessa, epävirallisemmissa keskusteluissa, työmaavierailuiden havainnoista sekä erinäisiin suunnitelmiin ja asiakirjoihin tutustumalla. Työmaalla tehtiin vierailun aikana tornihankkeen perustuksia.

Erinäisiä havaintoja kerättiin kronologisesti vihkoon, johon kertyi merkintöjä noin 40 sivua. Vierailun aikana osallistuttiin tutkimuksen kannalta 12 relevantiksi arvioituun kokoukseen. Virallisempia haastatteluja järjestettiin kuuden yrityksen eri rooleja edustavan työntekijän kanssa, mistä

kertyi nauhoitettua keskustelua 7 tunti ja 37 minuuttia. Työmaavierailuilta otettiin kymmeniä kuvia. Tämän lisäksi päästiin käsiksi lukemattomaan määrään yrityksen tiedostoja ja suunnitelmia, joista 141 kappaletta arvioitiin relevantiksi ja saatiin myöhemmin arvioitavaksi 906Mt edestä tiedostoina. Kohdeyrityksen pyynnöstä sopimuksellisia ja taloudellisia asiakirjoja ei käsitelty, joten tiedostot käsittelevät vain ns. operatiivista toimintaa.

3.4 Tapaustutkimuksen havainnot

Tapaustutkimuksen havainnot erityisesti haastattelujen osalta kirjattiin tiedon prosessoinnin työkaluna käytettyyn asiakirjaan ja järjestettiin aihealueittain. Asiakirjaan lisättiin aihealueittain myös muista tiedonkeruumenetelmistä saatuja havaintoja. Nämä aihealueet muodostuivat edelleen havaintojen raportoinnin luonnollisiksi kategorioiksi. Aihealueet esitetään alaluvuissa 3.4.1-3.4.4 ja ovat logistiset vastuut, logistinen suunnittelu, logistiset suunnitelmat sekä logistiset laitteet ja ohjelmat.

3.4.1 Logistiset vastuut

Perustuen useampaan haastatteluun, kohdeyrityksen hankinnat sisälsivät tyypillisesti sekä työn että materiaalin. Poikkeuksena tähän olivat lähinnä erikoiset tilaajan toiveesta tulevat materiaalit ja työmaan laitteet. Aliurakoitsijoiden urakkaan kuuluivat aina materiaalien pysty- sekä vaakasiirrot työmaalla. Projektinjohton oli tarjottava tyypillinen siirtokalusto aliurakoitsijoiden käyttöön, joilla urakoitsijat voivat ohjatusti siirtää materiaalin työskentelyalueille.

Pääurakoitsijan logistiikkakoordinaattori oli vastuussa kaikista toimituksista ja materiaalsiirroista työmaalla, jolloin aliurakoitsijoiden oli sovittava toimitukset hänen kanssaan. Logistiikkakoordinaattorin tuli olla kaikkien työmaalla toimivien kanssa katkeamattomassa viestinnässä ylläpitääkseen jatkuvaa ja tasaista materiaalivirtaa työmaalla. Logistiikkakoordinaattorin tuli raportoida kohteen vastaavalle mestarille. Logistiikkakoordinaattorin työnkuva oli laaja ja siihen kuului tehtävät oli kohdeyrityksen toimitustenhallintaa kuvaavassa asiakirjassa kuvattu seuraavasti:

- Johtaa kaikkia materiaalitöitä työmaalle ja varmistaa niiden tarkoituksenmukaisen aikataulutuksen tilanteen sekä vastaanottavan osapuolen osalta.
- Olla aliurakoitsijoihin yhteydessä ja varmistaa, että heidän toimitukset varataan ajoissa, oikeille toimitussijainneille ja niiden vastaavuuden rakennussuunnitelman kanssa.
- Tuottaa päivittäisiä aikatauluja eri työnjohtajille heidän vastuualueitaan koskevien toimitusten osalta.
- Olla päivittäin yhteydessä kohteen vastaavaan mestariin ja ylläpitää jatkuvaa materiaalivirtaa.
- Järjestää jätteasiat urakoitsijoille, niiden tyhjennys sekä raportoida urakoitsijakohtaiset osuudet jätteistä laskutusta varten.
- Aikatauluttaa hissien ja nosturien käyttö materiaalsiirtoihin.
- Ylläpitää työmaan pientarvike- ja työkaluvarastoa.

- Hoitaa toimiston- ja työmaaorganisaation pientarvikehankinnat.
- Olla osaltaan vastuussa turvallisen työympäristön valvontaa ja ylläpitoa.
- Ylläpitää ajantasainen tieto työmaan vuokraamista siirtolaitteista.
- Tunnistaa, suositella ja auttaa saavuttamaan kustannussäästötoimenpiteitä.
- Olla vastuussa muun henkilökunnan kouluttamisessa tämän roolin ylläpidon varmistamiseksi.

Haastatteluissa kävi ilmi, että materiaalien toimitusaikojen varaamiseen oli myös käytössä seinäpohjainen sovellus, josta aliurakoitsijat voivat anoa toimitusaikoja ja siirtolaitteita käyttöönsä, jotka logistiikkakoordinaattorin tuli hyväksyä ennen toimitusta. Ohjelmaa päästiin myös koekäyttämään ja sitä esitellään tarkemmin alaluvussa 3.4.4. Varaukset olivat yksityiskohtaisia, sisältäen tietyn portin, saapumisajankohdan, keston ja vaadittavan siirtokaluston, joka oli tyypillisesti hissi tai nosturi. Aliurakoitsijoiden toimituksia valvottiin ja ainoastaan varattujen saapumis- ja siirtoaikojen mukaiset toimitukset sallittiin.

Kohdeyrityksessä ei tyypillisesti käytetty terminaalitoimituksia kauttaaltaan. Haastateltavat arvioivat, että isoilla aliurakoitsijoilla saattoi olla omia terminaaleja, josta pystyivät toteuttamaan esiasennusta ja täsmätoimitukset. Tällä osittaisella päällekkäisyydellä osaltaan perusteltiin, että projektin toimituksia ei koordinoitusti järjestetty terminaalin kautta.

3.4.2 Logistinen suunnittelu

Haastattelujen perusteella päävastuu logistisessa suunnittelussa oli kohdeyrityksessä vastaavalla mestarilla. Kaikkien vaiheiden aluesuunnitelmat tehtiin jo ennen rakentamisen aloittamista. Alustavia suunnitelmia palloiteltiin yrityksen sisällä laajasti kehittäen parannuksia. Käsiteltyjen dokumenttien perusteella suunnitelmista tehtiin aina myös 3D-mallit ja 4D-visualisoinnit, jotta niitä voitiin arvioida tarkemmin ja niiden hahmottaminen helpottuu. Lopulliset ratkaisut käytiin aina hyväksyttävässä kohdeyrityksen johdolta.

Vastaavan mestarin haastattelun perusteella suunnittelun lähtökohtana oli aina käynti työmaa-alueella, jossa arvioitiin aluetta kokonaisuutena. Arvioitavia näkökulmia olivat mm.:

- Mahdolliset olemassa olevat tekniikan liitännät
- Työmaaliikenteen pääsy tontille
- Työmaa-alueen vaatima ympäröivä tila ja sen saatavuus
- Muun liikenteen sujuvuus ympäristössä
- Potentiaaliset ongelmat sidosryhmiin liittyen.

Suunnitelmien työstö alkaa aina maanrakennusvaiheen suunnittelulla, kuinka kaivanto tehdään, miten se tuetaan ja kuinka sinne on pääsy ja materiaaliliikenne. Kohdeyrityksen hankkeet olivat usein pienillä tonteilla siten, että rakennuksen pohjakerros vie yleensä lähes koko tontin pinta-alan. Tämän seurauksena hankkeet vaativat usein ympäröivien ajoteiden kaistojen vuokraamista sekä väliaikaisia tasoa ja luiskia, mikä näkyi myös hankkeiden aluesuunnitelmissa. Tasoja ja luiskia joudutaan tavallisesti muuttamaan rakentamisen edetessä ja näiden suunnittelu oli keskeistä pienillä tonteilla suhteessa rakennuksen kokoon. Suunnittelun yhteydessä tuli arvioida tilantarvetta ja sen saatavuutta rakentamisen edetessä.

Seuraavaksi suunnittelussa pyrittiin löytämään nosturille optimaalinen sijainti. Nosturi haluttiin lähtökohtaisesti sijoittaa rakennuksen ulkopuolelle, jos ulottuvuus ja nostokapasiteetti sen sallivat. Ratkaisua perusteltiin haastatteluissa sillä, että näin nosturi ei vaikeuta rakennuksen vedentävyttä rakennusaikana, hissikuiluja voidaan valmistella jo tulevia hissiasennuksia varten ja lopulliset hissit saadaan käyttöön mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

Rakennusaikaisten ulkohissien suunnittelussa pyrittiin löytämään sijainti rakennuksen julkisivulta, johon materiaalien purkupaikalta on lyhyt siirtoetäisyys ja jossa julkisivulinja on mahdollisuuksien mukaan suora. Lyhyellä ja esteettömällä siirtoreitillä purkupaikalta hissille luodaan edellytykset sujuvalle materiaaliliikenteelle. Suora julkisivulinja mahdollistaa rakennushissien rakentamisen suoraan rakennukseen kiinni, jolloin hissien ja rakennuksen väliin ei tarvita erillisiä tasojen ja vällytään rakennustelineiden rakentamisen ja vuokran kustannuksilta.

Kun rakennusvaiheen ratkaisuista on alustavat suunnitelmat, projekti-insinööri teki niistä aina 4D-visualisoinnin laitteineen ja muine ratkaisuneen. Tällöin suunnitelmien realistinen arviointi oli helpompaa ja mahdollisia ongelmakohtia voitiin vielä havaita ja suunnitelmia muuttaa.

Muita periaatteita logistiikan suunnittelussa olivat haastatteluihin ja dokumentointiin perustuen mm.:

- Suunnitteluun osallistettiin laajasti eri toimijoita aliurakoitsijat ja yrityksen johto mukaan lukien. Pelkkiin vakioratkaisuihin ei tyydytty vaan osapuolilta vaadittiin kehitysehdotuksia. Päävastuu logistisesta suunnittelusta oli silti vastaavalla mestarilla.
- Esivalmistusta pyrittiin hyödyntämään aina kun mahdollista. Konehuoneiden isommat kokonaisuudet olivat tyypillisesti kasattu mahdollisimman valmiiksi, jotta työmaalla jäljellä ovat lähinnä niiden kytkennät. Myös tiettyjen kokonaisuuksien raudoitteita esivalmistettiin tehdasolosuhteissa ja pienempiä kokonaisuuksia mahdollisuuksien mukaan maan tasossa ennen niiden nostamista holville. Esivalmistuksen myötä työvaiheita, materiaalsiirtoja ja jätettä syntyy työmaalla vähemmän. Haastateltavat myös perustelivat, että samalla työ nopeutuu, laatua on helpompi valvoa ja työturvallisuus paranee.
- Suunnittelussa tiedostettiin osaoptimoinnin vaara. Usein esivalmisteen lisääminen tai tietyt muottiratkaisut ovat kalliimpia paperilla mutta kokonaisvaikutukseltaan positiivisia, koska säästävät työmaan muissa kustannuksissa.
- Jätehuoltoon panostettiin, koska jätte vie kerroksissa tilaa asennukseen menevältä materiaalilta. Kohdeyrityksessä arvioitiin, että 30% siitä materiaalista, joka menee kerroksiin, tulee myöhemmin jätteenä alas. Jäte pyrittiin lajittelemaan työmaan ulkopuolella, kun se hankkeen vaatimukset huomioon ottaen oli mahdollista. Tällöin työmaalla ei tarvita useampia jäteastioita ja jätehuolto oli kokonaisuudessaan suoraviivaisempaa. Tilaajan vaatimus tai rakennuksen ympäristösertifiointi olivat tyypillisiä esteitä työmaan ulkopuoliselle jätteiden lajittelulle.
- Valmiisiin kerroksiin kulku hissillä katkaistiin heti kun muut kuin hissien kulkureittinä ollut asunto olivat valmiita ja siihen tarvittavat materiaalit oli toimitettu kerrokseen. Tämän jälkeen kulkureittinä ollut asunto voitiin viimeistellä häiriöttä, ilman läpikulkuliikennettä.

Osana tapaustutkimusta selvitettiin myös korkean rakentamisen logistisia erityispiirteitä sen mukaan, mitä kokenut kohdeyrityksen henkilökunta näkee merkittävimpinä huomioitavina eroina matalampiin rakennushankkeisiin. Näitä haastatteluissa ilmenneitä ja dokumentoinnissakin esitettyjä korkean rakentamisen luonteeseen liittyviä periaatteita ja huomioitavia asioita olivat mm.:

- Työntekijöille tehtiin tauko- ja wc-tiloja kerroksiin, jotta taukojen aikana matkustamiseen ei kuluisi niin paljoa aikaa. Kohdeyrityksessä näitä tehtiin joka 4. kerrokseen.
- Kerroksissa on vähemmän tilaa, jolloin materiaalin varastointi on usein mahdotonta. Toimitukset tulee suunnitella täsmätoimituksina.
- Töiden jaksotus on entistä tärkeämpää. Töiden tulee edetä kuin katkeamaton tuotantolinja. Tämä vaatii pidemmälle tulevaisuuteen vietyä suunnittelua ja aikataulutusta.
- Suunnitelmien vaikutukset kertaantuvat rakennuksen korkeuden kasvaessa. Materiaaliikennettä on enemmän, jolloin porttien ja purkualueiden suunnitteluun sekä hallintaan on panostettava.
- Kohteet sijaitsevat usein pienillä tonteilla suhteessa rakennuksen pohjapinta-alaan ja ympärillä on muita varottavia rakennuksia sekä vilkasta liikennettä. Tämän seurauksena aluesuunnitteluun on panostettava enemmän. Aluesuunnitelmia ja visualisointeja on tehtävä aiemmin, jotta niiden toimivuutta voidaan arvioida ja muokata. Ympäristön liikenteen ja sidosryhmien häiriöt tulee minimoida.
- Siirrot ovat enemmän vertikaalisia, joten työmaa on enemmän riippuvainen siirtokalustosta. Yksittäiset siirrot ovat kestoaltaan pidempiä ja käyttöaste on pidettävä korkeana, jotta odottamista tulisi mahdollisimman vähän. Siirtokalusto on myös pidempään työmaalla, jolloin sen valintaan ja huoltoon on kiinnitettävä enemmän huomiota.
- Todellisen työtilanteen arviointi on hankalampaa, koska eri työt ovat ripoteltu laajemmalle alueelle pieniä kerroksia, suhteellisesti isomman avaran tilan sijaan. Työn seurannan tulee olla tehokkaampaa ja suunnitelmia on kyettävä visualisoimaan selkeästi.
- Ympäristön toimijat ovat usein kiinnostuneempia korkean rakentamisen kohteista, jolloin niihin koostuu enemmän ulkopuolista tarkkailua ja tiedottamiseen on panostettava. Näin ollen kommunikointi sidosryhmien kanssa korostuu.
- Korkeissa rakennuksissa on tavallisempaa, että niissä on useampia käyttötarkoituksia. Esim. alakerroksissa voi olla kauppoja, sen jälkeen hotelli tai toimitilaa ja ylhäällä asuntoja. Eri osapuolten intressit tulee kyetä huomioimaan tehokkaammin.
- Kohteiden käyttöönottoa voi olla hyödyllistä vaiheistaa. Työjärjestyksen ollessa alhaalta ylös, voidaan alimmat kerrokset luovuttaa asiakkaille, kun ylempiä kerroksia vasta viimeistellään. Tällöin projektin kassavirtaa saadaan etupainotteisemmaksi mutta se vaatii rakennukselta ja viranomaisilta vaiheistamisen mahdollistamista. Kohdeyrityksessä vaiheistuksen laajuus oli tyypillisesti 10 kerrosta tai käyttötarkoituksen mukaan rajattu osio.
- Sisältävät tyypillisesti enemmän projektikohtaisia tuotteita, joilla toimitusketjun pituus voi olla huomattava. Toimitusketjun pituus arvioidaan helposti alakanttiin. Monimut-

kaisten tuotteiden suunnitteluun, kilpailutukseen, valmistukseen ja toimitukseen kannattaa varata jopa 1,5-2 vuotta. Näiden tuotteiden laatua ja toimitusvarmuutta kannattaa tarkkailla intensiivisemmin ja mm. tehdaskäyntien tärkeyttä korostettiin haastattelussa keinona ennakoida ja minimoida niiden toimituksen poikkeamia.

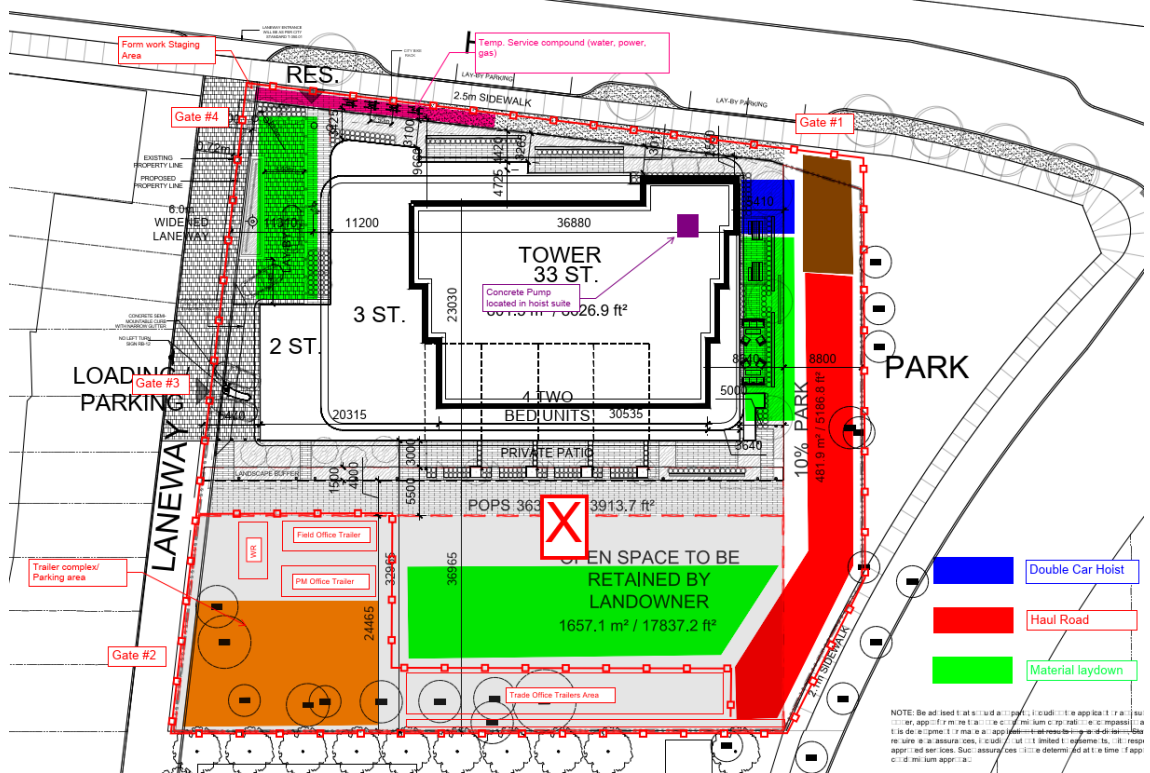
- Niiden mallintaminen on usein kompleksisuuden takia entistä tärkeämpää mutta samalla vaatii merkittävästi tehokkaampia tietokoneita kuin pienissä hankkeissa.
- Työ- ja paloturvallisuudessa on poikkeavia vaatimuksia, joiden seurauksena siihen on panostettava erityisesti.
- Korkeammalle mentäessä, on rakentaminen enemmän sään armoilla. Aikataulujen tulee sietää "tuulipäiviä".

3.4.3 Logistiset suunnitelmat

Kohdeyrityksen logististen suunnitelmien esittely perustuu verkkolevyltä saatavilla olleisiin suunnitelmiin sekä havaintoihin organisaation toimintatavoista kokouksissa ja niitä täydennettiin haastatteluista saaduilla tarkennuksilla ja kuvauksilla.

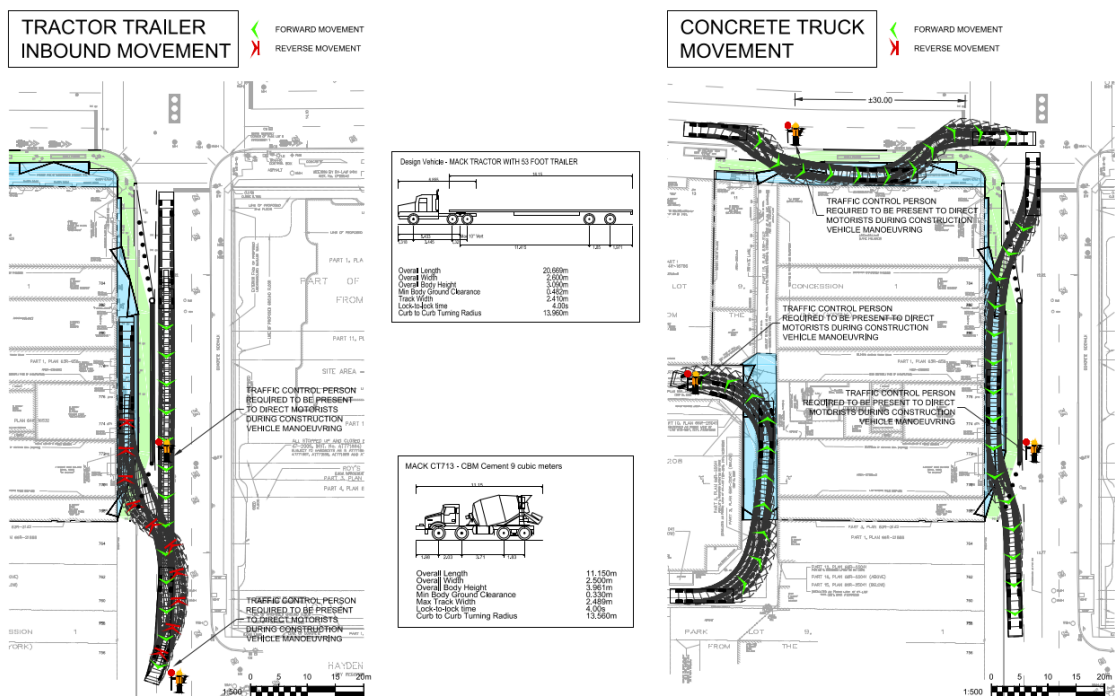
Kohdeyrityksessä tehdyt logistiset suunnitelmat voidaan jakaa sisäiseen käyttöön oleviin suunnitelmiin ja sidosryhmien kanssa jaettaviin suunnitelmiin. Sisäiseen käyttöön tai tilaajalle esiteltäviä tavallisia suunnitelmia olivat mm. aluesuunnitelmat, toimitussuunnitelmat, poikkileikkaukseen piirretyt siirtosuunnitelmat, 3D- ja 4D-suunnitelmat. Sidosryhmille tehtäviä suunnitelmia olivat tyypillisesti aluesuunnitelman muotoon liitetyt tiedotteet tulevan viikon tapahtumista työmaaympäristössä.

Kohdeyrityksessä tehtiin paljon tavallisia aluesuunnitelmia kaikkiin rakennusvaiheisiin jo ennen rakentamisen aloittamista. Yrityksen verkkolevyltä löytyi monille hankkeille jopa kymmenen erilaista jatkuvasti yksityiskohtaisempaa aluesuunnitelmaa jokaiselle rakennusvaiheelle. Tämä viittaa haastatteluissakin painotettuun logistisen suunnittelun pitkään iterointiprosessiin eri osapuolten kommentteihin perustuen. Kuvassa 16 on esitetty tyypillinen aluesuunnitelma, jossa esitettynä ovat mm. hissit, nosturi, ajoradat, erilaisia materiaalinkäsittelyalueita, olemassa olevat tekniikkaliitännät, työmaatoimistot ja portit.



Kuva 16. Tyypillinen aluesuunnitelma

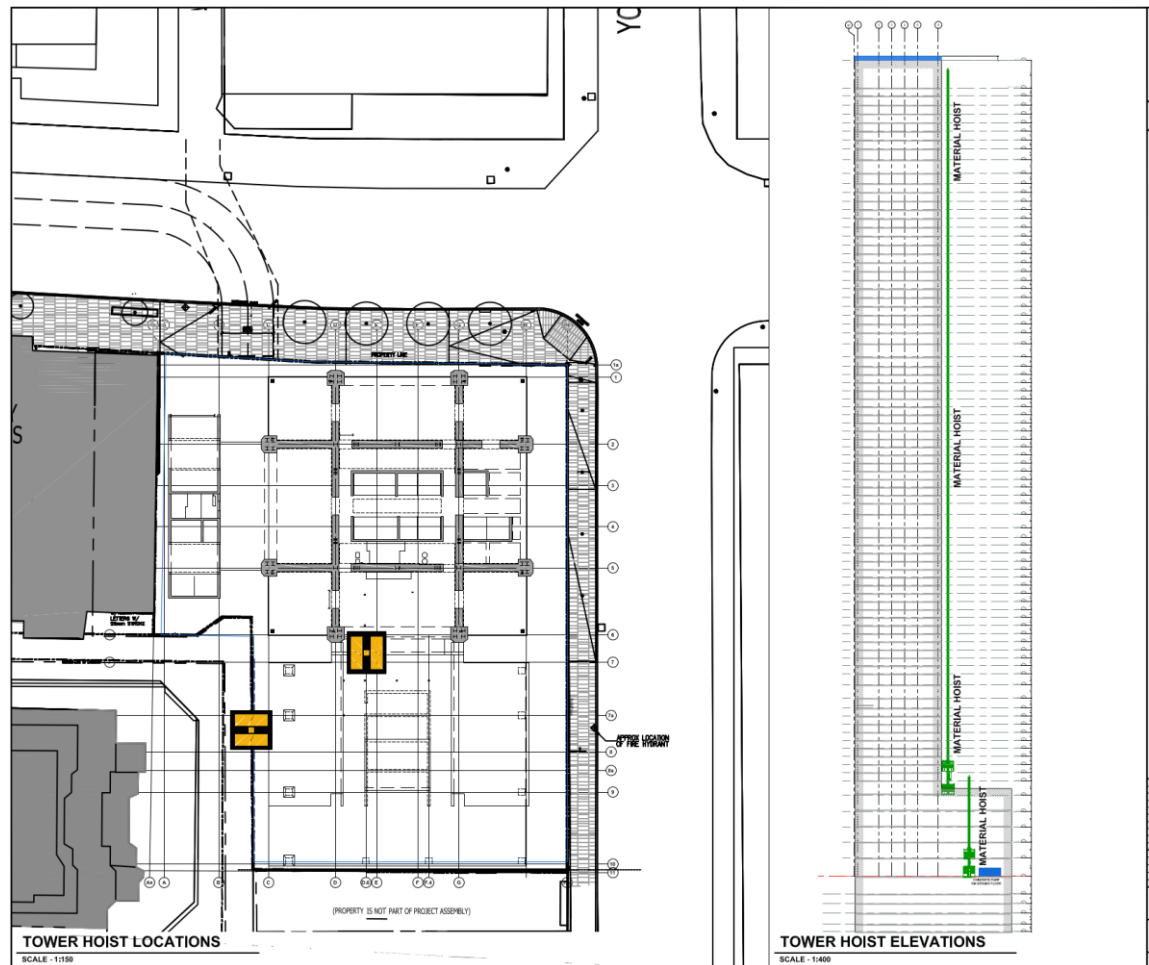
Työmaiden sijoittuminen tiiviisiin kaupunkiympäristöihin johti myös saapuvan liikenteen tarkentuneeseen suunnittelutarpeeseen. Erilaisten ajoneuvojen ajoratoja oli mallinnettu varmistaakseen niiden toimitusten edellytykset kapeille purkualueille. Mallinnuksia on esitetty kuvassa 17.



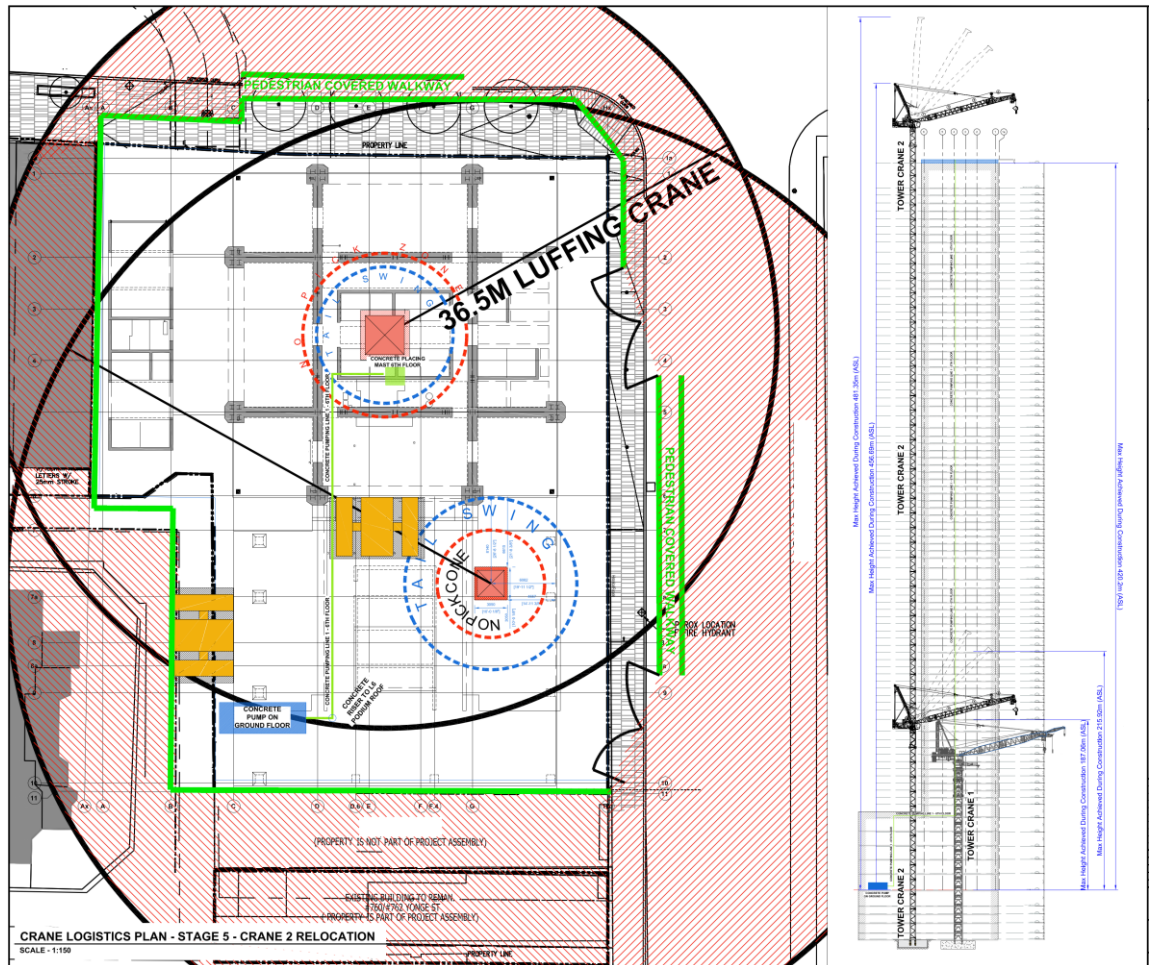
Kuva 17. Mallinnettuja ajoneuvojen ajoratoja materiaalin purkualueille.

Poikkileikkauksiin oli usein havainnollistettu siirtolaitteita kuten hissejä ja nostureita. Näillä suunnitelmilla havainnollistettiin laitteiden palvelualueita sekä tarkistettiin niiden toimintasäteitä ja

kapasiteettejä. Kuvassa 18 ja 19 ovat esitettynä kohteen rakennushissien ja nosturien havainnollistavat suunnitelmat.

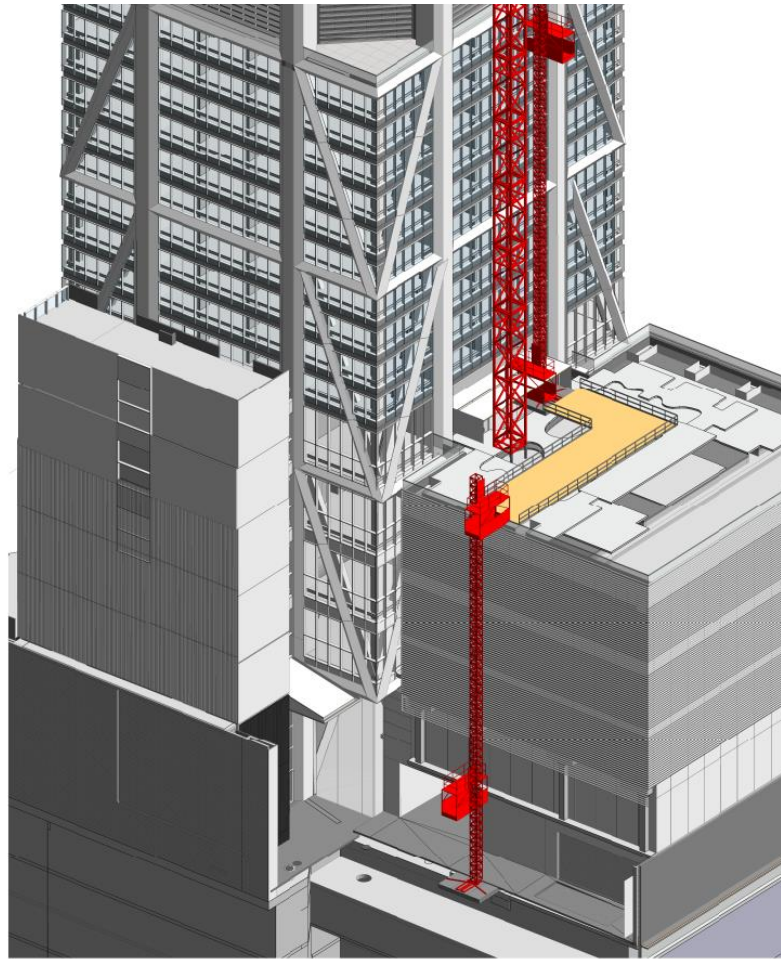


Kuva 18. Ulkopuoliset rakennushissit havainnollistettu poikkileikkauksin



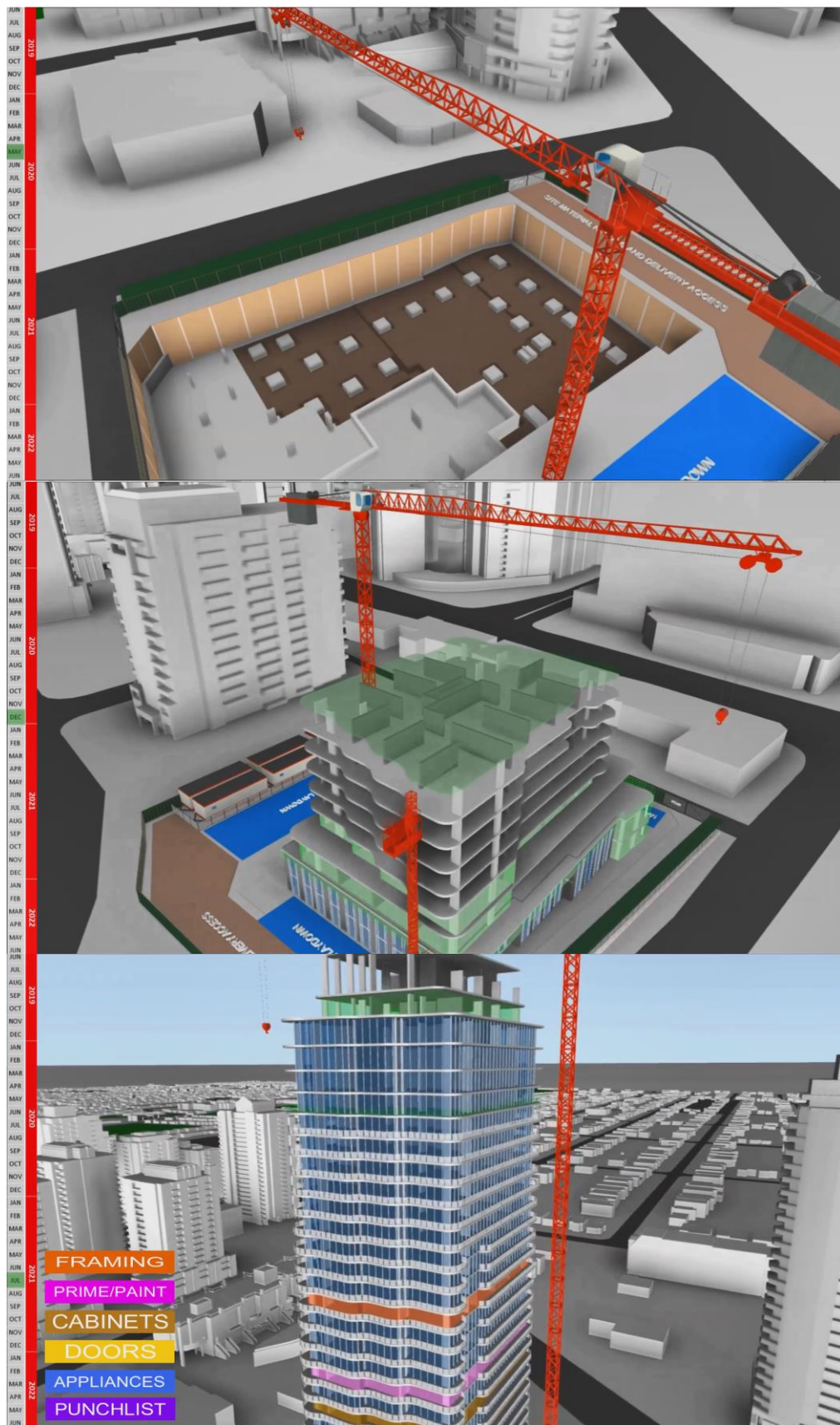
Kuva 19. Nosturit ja niiden käyttöalueet havainnollistettuna poikkileikkauksin

Kohdeyrityksessä panostettiin paljon tietomallinnukseen myös aluesuunnitelmien teossa. Hissit, nosturit ja muut laitteet mallinnettiin aluesuunnitelmien tarkennuttua, jolloin voitiin helpommin arvioida ratkaisujen vaikutuksia kuin 2D aluesuunnitelmasta. Kuvassa 20 on esitetty, kuinka rakennushissit ovat visualisoitu hankkeen tietomallissa.



Kuva 20. *Rakennushissit kuvattuna kohteen tietomallissa*

Projekti-insinöörin haastattelun perusteella, kohteista tehtiin aina myös 4D-visualisoinnit laitteineen niiden aikataulun valmistuttua. Visualisoinnissa kiinnitettiin huomiota myös laitteisiin. Hissit, nosturit, väliaikaiset työtasot ja tuulisuojaseinät oli aikataulutettu ja mallinnettu visualisoinnissa. Visualisoinneista voitiin tunnistaa rakentamisen etenemisen vaikutusta toimitusväyliin. Yksi tärkeä osa-alue visualisointeja oli väliaikaiset tasot, joita tyypillisiin kohteisiin tehtiin materiaalien purkupaikaksi maanrakennusvaiheessa ja millä aikavälillä ne ovat käytettävissä. 4D-visualisoinnin teko on samalla keino varmistaa, että hankkeen aikataulu, siirtolaitteet ja aluesuunnitelmat läpi rakennushankkeen ovat tehtynä ja yhteensovitettu keskenään. Kuvassa 21 on esitetty kuvasarjana 4D-visualisointi hankkeen maanrakennus-, runko- ja sisätyövaiheista.



Kuva 21. Kuvasarjassa kuvankaappaukset 4D-visualisoinnista hankkeen maanrakennus-, runko- ja sisätöövaiheista

Työmaaorganisaation toimintaa havainnoimalla nähtiin, kuinka 4D-visualisoinnin kuvankaappaukset olivat myös ohjaustyökaluina esillä neuvotteluhuoneissa. Seinillä esitetyissä kuvissa voitiin ilmaista mihin työnsaavutukseen tähdätään tulevien viikkojen aikana ja mitkä siirtolaitteet ja reitit ovat käytössä. Nämä tarjosivat äärimmäisen visuaalisen muodon esittää etenemää ilman mahdollisuuksia väärintymmärryksille. Lisäksi kohteesta oli myös fyysinen 3D-malli, josta voitiin osoittaa selkeästi, mitä osaa rakennuksesta käsitellään, jotta vältetään epäselvyyksiltä. Kuvassa 22 on esitetty työmaatoimiston ohjaustyökaluja.



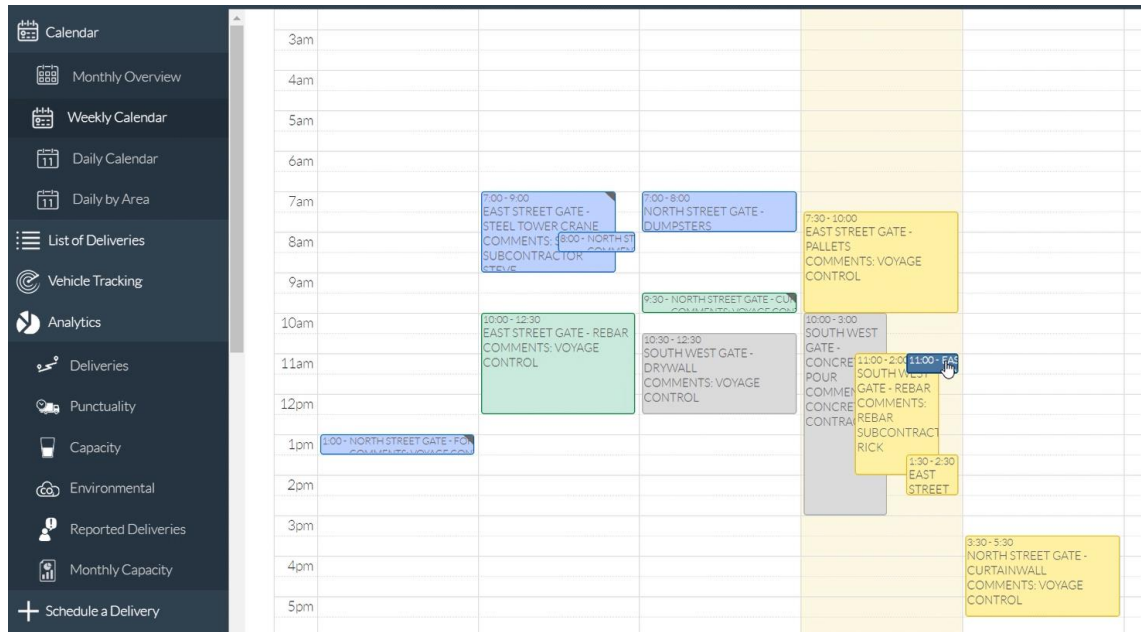
Kuva 22. Neuvotteluhuoneen ohjaustyökaluja: Seinillä aluesuunnitelmien lisäksi 4D-visualisoinnit ja pöydällä fyysinen 3D-malli.

Haastatteluissa korostettiin, että sidosryhmille tehtiin usein myös tiedotteita alueen toiminnasta tulevalle ajanjaksolle esim. kahdelle viikolle. Tiedotteiden havaittiin vähentävän kohteesta tehtyjä valituksia, kun kaikki tiesivät esim. milloin tietty kaista on pois käytöstä tai meluavaa työtä tehdään poikkeuksellisen ajankohtana. Tiedotteet lähetettiin viikoittain ympäröiville asukkaille ja yrityksille ja niissä oli työmaan yhteistiedot mahdollisten kysymysten ja valitusten ohjaamiseksi työmaalle eikä esim. viranomaisille.

3.4.4 Logistiset laitteet ja ohjelmat

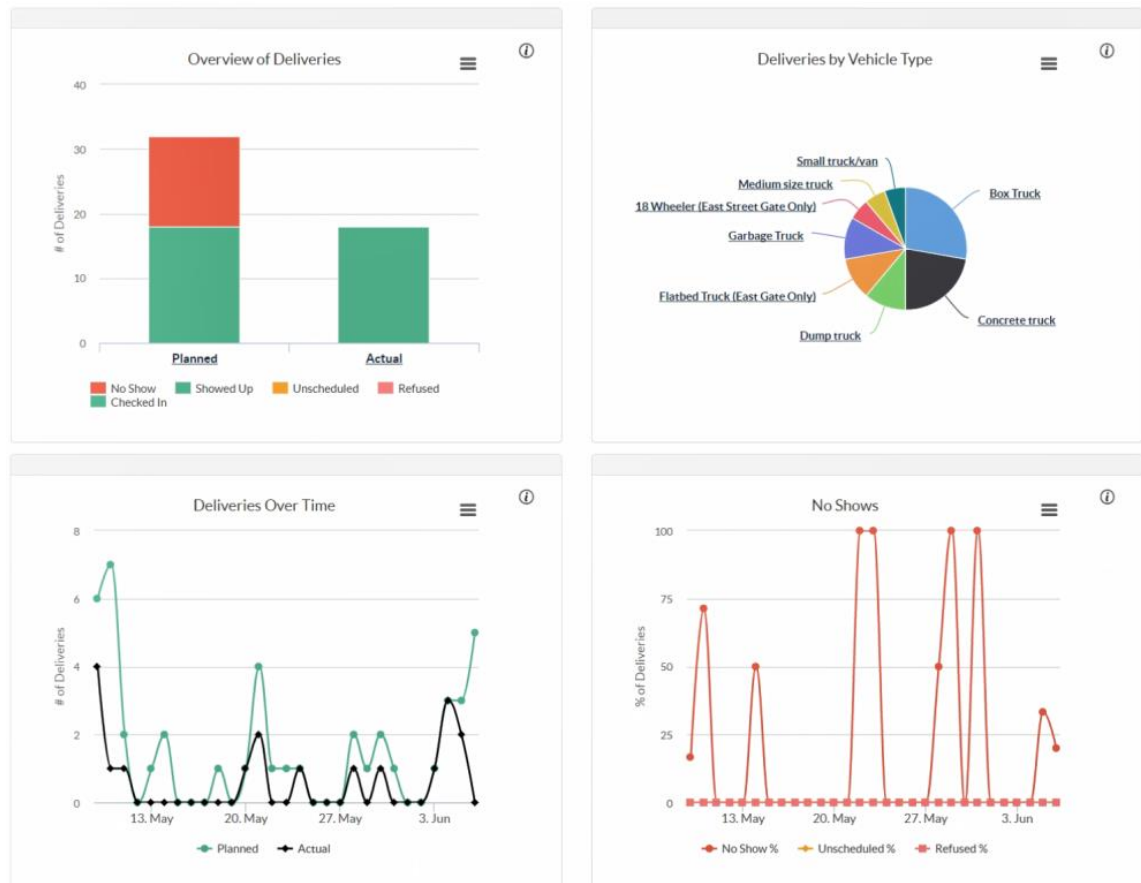
Haastattelujen sekä menneiden ja käynnissä olevien hankkeiden logististen suunnitelmien perusteella havaittiin, että kohdeyrityksessä siirtolaitteet 30-50-kerroksisissa korkean rakentamisen kohteissa olivat lähes aina samat: yksi tuplalkohissi ja yksi nosturi. Koska kerrokseen vietävää materiaalia ja sieltä pois vietävää jätettä on paljon, kiinnitettiin siirtolaitteiden käyttöasteen maksimointiin paljon huomiota, mitä vastaavat mestarit korostivat haastatteluissaan. Kohdeyrityksessä ei haastattelujen perusteella ollut menetelmiä määrittellä kapasiteettitarvetta tarkemmin esim. hankekoon muuttuessa, vaan laitteiden valinta perustui kokemukseen.

Ensimmäinen periaate siirtolaitteiden kapasiteetin käytön maksimointiin oli, että kaikki toimitukset ovat aikataulutettu ja varattuina ajanjaksoina esim. hissi on ainoastaan ko. varauksen tehneen aliurakoitsijan käytettävissä. Perinteisesti varaukset on tehty eri tavoin kohteen logistiikka-koordinaattorin kanssa sopien mutta yrityksessä oltiin juuri otettu käyttöön toimitusten sähköinen varausjärjestelmä. Aliurakoitsijat pystyivät selainpohjaisessa varausjärjestelmässä tarkistamaan kohteen aluesuunnitelman, valitsemaan toimitusportin, vapaan toimitusajankohdan, keston ja tarvittavat siirtolaitteet toimituksilleen. Koekäytössä ollutta varausjärjestelmää päästiin testaamaan ja sen tuottaman toimitusten aikataulu on esitetty kuvassa 23.



Kuva 23. Varausjärjestelmän toimitusten aikataulu esimerkkiprojektissa

Haastatteluissa painotettiin, että aliurakoitsijoilla oli vastuu toimituksista, minkä seurauksena on tärkeää seurata varattujen toimitusten paikkansapitävyyttä. Ohjelma tuotti myös toimittajakohdaista dataa mm. toimitusten ajallaan tulemisesta, peruutuksista ja virheellisistä toimituksista. Alustavasti vastaanottaja portilla kirjaa nämä tiedot järjestelmään mutta se oli päivitettävissä kameraperusteiseen tunnistusjärjestelmään. Toimitusten dataa on esitetty kuvassa 24, jossa mittareina ovat suunniteltujen toimitusten määrät ja toteutuneet toimitukset, toimitukset ajoneuvotyypeittäin, toimitukset ajanjaksoittain ja jättämättä tulleet toimitukset ajanjaksoittain. Järjestelmästä sai helposti haettua toimittajakohtaista dataa yhteenvetojen lisäksi.



Kuva 24. Varausjärjestelmän tuottamaa dataa toimituksista esimerkkiprojektissa

Toinen periaate hissien käyttöasteen parantamiseen on valvoa hissiliikennettä ja pitää huolta siitä, että hissit eivät liiku tehottomasti. Tähän käytännön ratkaisu oli, että hissejä ajoivat ainoastaan hissioperaattorit. Näin varmistetaan ainoastaan varausten mukainen ajo ja se, että hissillä ei ajella tehottomasti. Kohdeyrityksessä oltiin huomattu, että jos hissillä ajoa ei valvottu, käyttävät työntekijät herkästi hissiä myös pienissä siirtymissä ilman kantamuksia, jolloin hissien odotteluun kuluu kaikilta enemmän työaika, kun voitaisiin tehdä arvoa tuottavaa työtä. Hissioperaattorin tuli valvoa, ettei turhia siirtymiä tehdä hissillä. Hissioperaattorin muihin tehtäviin kuului materiaaliirroissa avustaminen, hissien päivittäiset huoltotoimet ja jätehuoltoon osallistuminen. Useista kyselyistä huolimatta, hissioperaattoreille ei löytynyt yhtä yleispätevää tehtäväkuvausta vaan rooli rakennettiin aina kohteen tarpeiden mukaisesti.

Kolmas periaate hissien käyttöasteen maksimointiin oli käytön jaksottaminen. Eri haastateluilta vastaavilla mestareilla oli tähän omia preferenssejä. Yksi ratkaisu oli, että hissien käyttöajat oli jaettu henkilö- ja materiaaliliikenteelle erikseen, jolloin aamuisin, lounasaikaan ja päivän päätteeksi oli ajanjaksot, jolloin hissit ovat ainoastaan henkilöliikenteeseen ja muulloin vain materiaaliliikenteeseen. Toinen tapa oli jakaa hissit kokonaan käyttötarkoituksille, jolloin toinen kuljettaa aina vaan materiaalia ja toinen pelkkää henkilöstöä. Materiaalitoimituksia ja jätehuoltoa pyrittiin suorittamaan myös iltaisin ja yöaikaan, jolloin hissien toiminta-aikaa saadaan pidennettyä ilman vaikutusta muuhun toimintaan työmaalla.

3.5 Tapaustutkimuksen havaintojen soveltaminen Suomessa korkeassa rakentamisessa

Kohdeyrityksen logistisia toimintamalleja esiteltiin Suomessa työpajassa ja haettiin vastauksia siihen, mitä oppeja olisi hyödyllisintä ottaa käyttöön myös täällä. Palautetta kerättiin esittelytilaisuudessa 15 henkilöltä, jotka edustivat monipuolisesti rakennusorganisaation eri toimihenkilöitä työmaalta sekä toimistolta. Palautetta kerättiin kirjallisena ja suullisesti. Kysymykset jaettiin kolmeen osa-alueeseen: logistiikan vastuunjako, logistiset suunnitelmat sekä logistiikan laitteet ja ohjelmat. Työpajan yhteydessä esitettiin havaintoja luvun 3.4 mukaisessa laajuudessa, joten kyselylomakkeen kysymykset sisälsivät vain tiivistetysti havaintoja, toimien muistutuksina osa-alueiden sisällöistä. Kyselyn lomake on esitetty tämän työn liitteenä A.

3.5.1 Logistiikan vastuunjako

Logistiikan vastuunjakoa koskevassa osiossa selvitettiin työpajan yleisön mielipidettä siihen, tulisiko vastuut olla jaettu samaan tapaan kuin kohdeyrityksessä, jossa kaikki materiaalsiirrot olivat vastuutettu aliurakoitsijoille ja prosessin toimivuutta valvoi ja ohjasi logistiikkakoordinaattori.

Valtaosan vastaajista mielestä ainakin suurimman osan aliurakoitsijoista tulisi itse olla vastuussa kaikista materiaalsiirroista työmaalla. Hyvinä puolina tässä nähtiin ainakin, että vastuu siirtojen aikana vaurioitumisesta ulkoistetaan, urakoitsijat laskisivat materiaalmäärät tarkemmin eivätkä veisi kerroksiin ylimääräistä tavaraa ”varmuuden vuoksi”, materiaalien välivarastointikustannukset olisivat aliurakoitsijoilla ja yleisesti logistiikan kustannukset olisivat paremmin ennakoitavissa verrattuna tilanteeseen, jossa siirrot ovat pääurakoitsijan vastuulla.

Samalla korostettiin, että vastuu logistiikan suunnittelusta ja toimitusten ohjauksesta tulisi silti olla tiukasti pääurakoitsijalla, jonka tulisi myös varmistaa toimitusten oikeat määrät, oikeisiin paikkoihin ja oikea-aikaisuus. Logistiikan työnjako tulisi suunnitella hyvissä ajoin etukäteen, jotta se voi olla urakoiden kilpailutuksessa vietyä sopimuksiin.

Mahdollisina ongelmina tässä vastuunjaossa nähtiin, että urakoitsijoiden on perinteisesti ollut vaikea sitoutua tarkkoihin toimitusaikoihin, joita vastuunjako vaatii, urakoitsijat eivät välttämättä ymmärrä laskea logistiikan osuutta oikein, logistiikan yhteensovitus on vaikeampaa koska toimitajia on tällöin enemmän ja nykyisessä kustannusympäristössä urakoitsijoiden logistiikan hinnoittelu voisi olla kohtuuton.

3.5.2 Logistiset suunnitelmat

Logistisia suunnitelmia koskevassa osiossa selvitettiin mielipiteitä siihen, miten suunnittelun periaatteita ja suunnitelmatyyppejä tulisi kehittää Suomessa esitettyjä havaintoja vastaaviksi.

Suunnittelun haluttiin olla kokonaisvaltaisempaa ja nähtiin, että korkeassa rakentamisessa tulisi olla pelkkien aluesuunnitelmien lisäksi todellinen pystysiirtosuunnitelma. Aluesuunnitelmien tarkempaa suunnittelua arvostettiin mutta painotettiin, että niitä tulisi myös noudattaa. Nykyisin

purkupaikat toimivat usein myös liian pitkään tavaran säilytyksiin ja ovat siten ahtaita. Aluesuunnitelmien 3D-mallinnusta pidettiin hyvänä ajatuksena, etenkin jos siinä on mukana kaikki siirtolaitteet sellaisella tarkkuudella, että se mahdollistaa niihin liittyvän työnsuunnittelun. Siirtolaitteiden käyttöä tulisi myös suunnitella tarkemmin, koska niiden korotukset ja huollot aiheuttavat välillä suunnittelematonta hidastetta työlle. Nykyisin siirtoreittejä ei myöskään ole tarpeeksi suunniteltu ja välillä toimituksia joudutaan purkamaan lavoilta, jotta ne saadaan toimitettua perille. Taukotiiloja ja vessoja kerroksissa pidettiin hyvänä ajatuksena, jolloin tauoissa ei hukattaisi niin paljoa työaikaa. Visuaalisia suunnitelmia kaivattiin enemmän, jotta niillä voidaan viestiä aliurakoitsijoille selkeämmin. Myös jätehuollon ja siivoamisen tulisi olla nykyistä suunnitellumpaa.

3.5.3 Logistiset laitteet ja ohjelmat

Logistisia laitteita ja ohjelmia koskevassa osiossa selvitettiin, mitä osa-alueita siirtokaluston käytössä voitaisiin parantaa kohdeyrityksen ideoin.

Siirtokaluston tärkeys tiedostettiin yleisössä laajasti. Erityisesti hissien tarkempi hallinta nähtiin hyödyllisenä, koska valvomattomana niiden käyttö on hyvin tehotonta. Siirtolaitteiden todellisen ja tarkan aikataulutuksen arvioitiin parantavan niiden käyttöastetta. Arvioitiin myös, että nykyisellään siirtoja ei seurata ja käyttöaste saattaa olla matalampi kuin kuvitellaan. Sovittujen siirtojen ja purkualueen hyvissä ajoin etukäteen varaamista korostettiin, jotta toimitukset saadaan yhteensovitettua. Nähtiin myös, että nosturien varaaminen tulisi olla ennemmin nosto- kuin tuntiperusteista, jolloin tietyn nostomäärän jälkeen vuoro siirtyy heti seuraavalle vuorossa. Toimitusten ajankohtien siirtäminen pois tavallisesta työajasta nähtiin myös hyödyllisenä keinona vähentää ruuhka-ajan kapasiteettivajetta.

Huolia nykyisessä toiminnassa nähtiin, että nostokaluston toimintavarmuus ei ole vaaditulla tasolla ainakaan ympärivuotisesti ja huoltotoimien tulisi olla kattavampia. Logistiikassa pienikin siirtolaitteiden käyttökatko aiheuttaa suuren vaikutuksen koko työmaan toimintaan.

4. TUTKIMUSTULOSTEN POHDINTA

4.1 Keskeiset tulokset ja niiden vertailu aiempiin tutkimuksiin

Tutkimuksen pääkysymykseen ”Miten korkean rakentamisen logistiikka eroaa tavallisesta rakentamisesta?” vastataan tässä teoreettisen kirjallisuustutkimuksen ja tapaustutkimuksen tuloksiin perustuen seuraavasti. Tapaustutkimuksessa esiteltyä, havaintoihin perustuvaa logistista mallia verrataan kirjallisuuslähteisiin ja arvioidaan sen toimivuutta.

4.1.1 Logistiset vastuut

Tapaustutkimuksen havainnoissa esitettiin malli järjestää logistiset vastuut siten, että projektinjohto-organisaatio nimitti oman logistiikkakoordinaattorin, jonka vastuulla on ohjata hankkeen logistista prosessia työmaavaiheessa. Aliurakoitsijat olivat itse vastuussa hankintaan kuuluvien materiaalien kaikesta käsittelystä työmaalla aina kuljetuksesta, vastaanotosta, pysty- ja vaaka-siirroista sekä jätteiden toimituksesta jäteastioihin. Kaikki toimitukset tuli sopia logistiikkakoordinaattorin kanssa, jolla oli kaikki materiaalinkäsittely kontrollissaan.

Geneerisen logistiikan kirjallisuustutkimuksen perusteella organisaatioiden tulee logistiikkaa ulkoistaessa arvioida, minkä osa-alueiden ulkoistamisesta voidaan saavuttaa merkittävää etua (Rushton ym. 2006). Kohdeyrityksen logistiikkamallissa päädyttiin ulkoistamaan valtaosa materiaalin fyysisestä käsittelystä aliurakoitsijoille itselleen. Tätä tehtyä valintaa voidaan perustella Rushtonin ym. (2006) mukaisilla ulkoistamisen draivereilla, joista oleellinen on ainakin ennakoitavat ja läpinäkyvät kustannukset, jota myös Suomessa kerätyssä palautteessa arvostettiin. Lisäksi tällä vastuunjaolla voitiin välttää vastuu materiaalien vaurioitumisesta siirtovaiheessa ja keskittyä organisaation ydintoimintaan.

Junnosen (2010) mukaan logistiikkaa suunniteltaessa työmaata on suunniteltava kokonaisuutena, jossa hankintoihin liittyvää logistiikkaa tulee miettiä ajoissa, jotta toimitusketjun eri vaiheisiin voidaan etsiä vaihtoehtoisia ratkaisuja. Kohdeyrityksen toimintaympäristössä mallia vastaava vastuidenjakoa oli tyypillinen toimintatapa, jolloin sen vieminen sopimuksiin on varsin suoraviivaista. Työpajassa korostettiin, että hankinnan näkökulmasta logistiikan vastuunjakoa täytyy tietää jo aikaisessa vaiheessa, jotta se voidaan esittää tarjouspyyntöjen yhteydessä.

Kirjallisuustutkimuksessa rakennusalan logistiikassa Riihimäen ym. (2009) mukaan, hankintavasta riippumatta, pääurakoitsijan on osallistuttava toimitusten suunnitteluun ja valvottava niiden toteutumista. Tämä toteutui myös kohdeyrityksessä, jossa logistiikkakoordinaattorin tehtäviin kuului toimitusten tarkka valvonta ja ohjaus mm. toimitusaikojen säätelyllä. Pääurakoitsijan tiukkaa vastuuta logistiikan suunnittelussa ja toimitusten ohjauksessa painotettiin myös työpajassa kerätyssä palautteessa.

Riihimäen ym. (2009) kuvaamat työmaavaiheen toimitusten ohjauksen toimenpiteet olivat pitkälti linjassa kohdeorganisaation toimintatapoihin kuitenkin sillä poikkeuksella, että monilta työnjohdon pieniltä tehtäviltä vältetään, kun vastuut on jaettu ko. mallin mukaisesti.

Tetik ym. (2018) mukaan logistiikkaurakoitsijan käyttö lisää työmaan suorituskykyä parantamalla resurssien käyttöä sekä vähentää rakennustuotannon ja materiaalinhallinnan keskinäistä häirintää. Havaintojen perusteella kohdeyrityksessä ei käytetty erillistä logistiikkaurakoitsijaa, vaan oma logistiikkakoordinaattori hoiti logistiikan ohjausta työmaavaiheessa eikä erillisiä logistiikan kantotyöntekijöitä käytetty.

Modigin ja Ählströmin (2018) esittämistä leanin hukkatyypeistä voidaan mallin mukaisella vastuidenjaolla arvioida vähennettävän ainakin:

- odottelua, koska siirtolaitteiden käyttövuorot ovat varatut ja suunnitellut,
- osaltaan tarpeetonta kuljettelua, koska aliurakoitsijoilla itsellään tarkka tieto käyttökohteista ilman kommunikointivirheiden mahdollisuutta sekä
- tarpeettomia varastoja, koska aliurakoitsijat varastoivat itse materiaalin ennen toimitusta ja voivat optimoida määränsä tuotantoa vastaavaksi.

Monet kohdeyrityksen toimista ovat myös valintoja virtaustehokkuuteen panostamisesta resurssitehokkuuden sijaan, josta esim. hissioperaattori voitaisiin monissa paikoissa pitää ylimääräisenä kulueränä eikä työn sujuvoittajana. Näin voidaan arvioida yrityksen toteuttavan Modigin ja Ählströmin (2018) mukaista lean-toimintastrategiaa.

Kokonaisuudessaan työpajassa kerätyn palautteen perusteella kohdeyrityksen vastuunjakoa pidettiin järkevänä ainakin suurimman osan urakoitsijoista osalta. Esim. projektikohtaiset tuotteet voi olla järkevää jättää menettelyn ulkopuolelle. Suurimpina haasteina todettiin aliurakoitsijoiden perinteisesti heikko sitoutuminen tarkkoihin toimitusaikoihin, logistiikan yhteensovituksen haasteet ja mahdollisesti kannattamattoman hinnoittelun. Toisaalta toimitustarkkuutta voidaan valvoa ja ohjata sekä paremmin yhteensovittaa tarkemmalla kontrollilla ja toimitusten ohjelmien tuottamalla mittaritiedolla.

Ei voida varmaksi sanoa, ovatko mallin mukaisesti jaetut logistiset vastuut paras tapa toteuttaa korkean rakentamisen logistiikkaa osaltaan. Malli toimii kuitenkin esimerkkinä eräästä tavasta, johon kokenut projektinjohtorakentaja on päätenyt ja jolla hankkeita kyetään taloudellisesti järkevästi tietyssä toimintaympäristössä toteuttamaa. Työpajassa ilmennyt kiinnostus ko. vastuunjakoa kohtaan osaltaan viestii, että malli implementoinnista voisi olla hyötyä myös Suomessa.

4.1.2 Logistinen suunnittelu

Tapaustutkimuksen havainnoissa esitettiin joukko periaatteita, joita kohdeyrityksessä käytettiin logistiikan suunnittelussa. Osa periaatteista kuvastavat tavallista suunnitteluprosessia ja osa liittyvät erityisesti korkean rakentamisen luonteeseen.

Työmaan perustamisvaiheessa tulee suunnitella rakennustarvikkeiden toimitukset, vastaanotot, siirrot ja varastointi työmaalla sellaisella tarkkuudella, että voidaan määritellä niiden käsitteelyyn tarvittavat henkilöresurssit, kuljetustiet ja purkualueet, nosto- ja siirtokalusto, varastointialueet ja -tilat. Työmaan aluesuunnitelmaa tehtäessä tulee pyrkiä minimoimaan materiaalin siirtelyn

tarve työmaalla. Purku- ja varastointipaikka valitaan mahdollisimman läheltä käyttöpaikkaa. Ajo-
teiden kantavuuden tulee olla riittävä ja työmaan sisäisen liikenteen vaatimusten mukainen. Alue-
suunnitelman tulee kuvastaa työmaa-alueen käyttöä ja sitä tulee päivittää työmaan edistyessä
tarkoituksenmukaisesti vähintään maanrakennus-, runko-, ja sisävalmistusvaiheittain. (Sahlstedt
2010) Tapaustutkimuksen mukaisessa mallissa suunnitteluprosessissa lähdettiin perusteellisesti
alueen suunnittelusta ja kiinnitettiin erityistä huomiota nosturien ja hissien sijoitteluun aluesuun-
nitelman toimivuudessa.

Kohdeyrityksen suuripiirteinen logistiikan suunnittelu vaikutti tapaustutkimuksen mukaan nou-
dattavan pitkälti Rushtonin ym. (2006) esittämää järjestelmällisen toimituskanavan suunnittelun
prosessia periaatteiltaan. Prosessissa monia vaihtoehtoisia malleja suunniteltiin, eri toimijoille
asetettiin selkeät tavoitteet ja tehtävät sekä näiden perusteella valittiin kokonaisuudessaan toi-
miva malli. Rushtonin ym. (2006) mukaan myös monet toimitusketjujen suunnittelussa tehdyt va-
linnat vaikuttavat merkittävästi toisiinsa ja osaoptimoinnin vaara on suuri. Kun vaikutussuhteet
toisiinsa ymmärretään, voidaan tehdä harkittuja valintoja ja hyväksyä tietyn valinnan mahdolliset
haittapuolet, jos siitä saatava kokonaishyöty toimitusketjun kannalta arvioidaan positiiviseksi.
Osaoptimoinnin vaara tiedostettiin myös kohdeyrityksessä, jossa korostettiin monien asioiden
olevan paperilla kalliimpia mutta säästävän lopulta kokonaiskustannuksissa.

Toimitusvaihtoehdoista, Riihimäen ym. (2009), Tetikin ym. (2018) sekä Seppäsen ja Peltokor-
ven (2016) kuvaamia logistiikkakeskuksia ei esitellyssä mallissa käytetty ainakaan projektinjoh-
don hallinnoimana. Päätöstä perusteltiin sillä, että isoilla aliurakoitsijoilla saattaa olla omat logis-
tiikkakeskukset, joiden kautta hallitsevat alueellisia toimituksia. Työpajassa arvioitiin, että aliura-
koitsijoiden itse toimittaminen ei Suomessa ole tällä hetkellä yleisesti riittävällä tarkkuudella to-
dellisille täsmätoimituksille. Sen sijaan kirjallisuustutkimuksessa esitettyjä toimittajien hallinnoimia
varastoja, joilla voidaan parantaa pienten tarvikkeiden logistiikka (Tetik ym. 2018), käytettiin esi-
tetyssä mallissa ja niiden järjestäminen oli osa logistiikkakoordinaattorin tehtäviä. Myöskään var-
sinaista setittämistä ei kerrottu tehtävän, koska toimitukset olivat aliurakoitsijakohtaisia.

Riihimäki ym. (2009) esitti, että suunnittelu on suurin poikkeamien aiheuttaja työmaiden ma-
teriaalinhallinnan kannalta. Ratkaisuna tähän ehdotettiin, että kehitetään menettely, jolla varmis-
tetaan suunnitelmien tarkastaminen ja toteutuskelpoisuus varmistaminen. Esitetyssä mallissa py-
rittiin aliurakoitsijoiden osallistamiseen suunnittelussa mutta on vaikea arvioida tämän todellista
laajuutta tai kuinka hyvin siten estettiin suunnitelmalähtöisiä yllätyksiä ja poikkeamia. Toimintata-
valla vähennettiin myös Modigin ja Åhlströmin (2018) esittämistä leanin hukkatyypeistä työnteki-
joiden luovuuden käyttämättä jättämistä.

Esivalmistuksella voidaan vähentää työmaalla tehtävän työn määrää ja työmaan materiaali-
seurannalla voidaan parantaa materiaalitoimitusten ja –hallinnan läpinäkyvyyttä (Tetik ym. 2018).
Esivalmistuksen maksimointi oli osana kohdeyrityksen logistisen suunnittelun periaatteita ja se
ymmärrettiin tärkeänä, koska sen arvioitiin nopeuttavan työtä, vähentävän materiaalisiirtoja ja jät-
teen syntymistä sekä parantavan työturvallisuutta. Todellista näyttöä sen laajasta käytöstä ei kui-
tenkaan ollut ja havainnot liittyivät lähinnä yksittäisiin asioihin esim. tietyt raudoitukset ja kone-

huoneiden kokonaisuudet. Varsinaista materiaaliseurantaa ei ainakaan tässä vaiheessa kohdeyrityksen rakennushanketta (perustusten teko) havaittu, mutta voi olla mahdollista, että sellainen oltaisiin myöhemmin implementoitu tornihankkeen siirtyessä sisätyövaiheeseen, jolloin siitä vasta olisi enemmän hyötyä.

Kohdeyrityksessä arvioitiin, että 30% siitä materiaalista, joka menee kerroksiin, tulee myöhemmin jätteenä alas. Tästä syystä jätehuolto oli tärkeä osa logistiikan suunnittelua. Jätehuollon osalta kohdeyrityksessä pyrittiin käyttämään työmaan ulkopuolista jätteen lajittelua, koska tällöin jätehuollon järjestäminen on suoraviivaisempaa ja jäteastiat vievät vähemmän työmaan rajallista tilaa. Myös työpajassa arvioitiin, että jätehuollon ja siivoamisen tulisi olla nykyistä suunnitellumpaa Suomessa.

Korkeat rakennukset näkyvät kauas ympäristöönsä, jolloin niiden arkkitehtuurilta ja toteutukselta on perusteltua vaatia erityisen korkeaa laatutasoa (Lindroos ym. 2011). Tämän seurauksena korkeissa rakennuksissa on poikkeuksellisen paljon projektikohtaisia tuotteita, jotka Riihimäen ym. (2009) mukaan vaativat logistiikan hallinnan kannalta laajaa yhteistyötä suunnittelijoiden, tuotetoimittajien ja urakoitsijoiden välillä. Erityisesti suunnitelmamuutokset voivat johtaa haasteisiin tai ongelmiin, jos eri osapuolten välisessä tiedonkulussa on vaikeuksia. Hankinta-aikataulun avulla hankinnat linkitetään yleisaikatauluun ja varmistetaan rakennusosien ja aliorakoiden aikataulun mukainen saanti ja aloittaminen (Sahlstedt). Kohdeyrityksen logistiikan suunnittelussa nämä projektikohtaiset tuotteet saivat erityistä huomiota, koska niiden toimitusketjulle varataan harvoin riittävästi aikaa. Toinen haastatteluissa korostettu keino parantaa niiden toimitusketjua oli tehdaskäynnit, joilla voidaan ennakoida ja minimoida toimitusten poikkeamia.

Ylipäänsä korkeaan rakentamiseen liittyy useita tekijöitä, jotka nostavat investointikustannuksia verrattuna matalampaan asunto- ja toimitilarakentamiseen. Suhteellisen pieneen pinta-alaan ja hoikkaan runkoon sijoitetaan siis huomattavasti enemmän talotekniikkaa ja rakennusmateriaaleja kuin tavanomaiseen rakennukseen. Rakennuksen tilankäyttölinen tehokkuus käytännössä heikkenee mitä korkeampi rakennus on kyseessä. (Lindroos ym. 2011) Urakoitsijoiden on pyrittävä kaikin keinoin pienentämään tätä korkean rakentamisen kalliimpaa hintaa, jolloin kaikki kustannuksia pienentävät toimenpiteet ovat tärkeitä. Näistä yksi on logistiikan suunnittelu. Myös työpajassa arvioitiin, että korkean rakentamisen logistiikan suunnittelun tulee olla tavallista kokonaisvaltaisempaa. Suurempi suhteellinen materiaalitarve osaltaan lisää suunnittelun tärkeyttä.

Korkean rakentamisen tunnuspiirre on mittasuhteiltaan tavallista hoikempi rakenne, jossa vertikaaliset siirtymät ovat keskeisiä. Niihin kuluu usein tavallista enemmän aikaa, etenkin jos työntekijät odottavat hissejä jokaiselle tauolle portaiden kävelemisen sijaan. Tämä tiedostaen, kohdeyrityksessä tehtiin taukotiloja ja vessoja kerroksiin tarkoituksena lyhentää tauoilla hukattua aikaa ja lisätä arvoa tuottavan työn osuutta. Arvoa lisäävän työn osuuden lisääminen on myös yksi lean-periaatteista, minkä lisäksi sillä voidaan Modigin ja Åhlströmin (2018) esittämistä hukan tyypeistä vähentää tarpeetonta liikkumista. Kohdeyrityksessä näitä taukotiloja tehtiin neljän kerroksen välein. Myös työpajan osallistujat pitivät taukotilojen lisäämistä kerroksiin järkevänä ajatukseen.

4.1.3 Logistiset suunnitelmat

Junnosen (2010) mukaan logistiikkaa suunniteltaessa työmaata on ajateltava kokonaisuutena. Kun logistiikkaa suunnitellaan hyvissä ajoin, voidaan etsiä vaihtoehtoisia ratkaisuja. Tämä näkyi kohdeyrityksen mallissa selkeästi aluesuunnitelmien monina revisioina ja selkeänä kehitysprosessina eri suunnitelmissa, joita tyypillisesti löytyi jopa kymmenen kappaletta.

Kohdeyrityksen mallissa logistisista suunnitelmista korostettiin visuaalisuutta. Suunnitelmia ei myöskään nähty pelkinä lopputuloksina vaan osaltaan suunnitelmien toimivuuden kehittämisen työkaluina. 3- ja 4D-mallinnuksia käytettiin työmaan laitteiden esittämiseen, jotta kokonaisuuksia oli helpompi hahmottaa. Työpajassa kaivattiin lisää suunnitelmien visuaalisuutta Suomeenkin, koska arvioitiin, että niiden välityksellä voidaan viestiä aliurakoitsijoille selkeämmin.

Työpajassa arvioitiin lisäksi, että pelkät suunnitelmat eivät riitä, vaan niiden toteutumista on ohjattava. Nykyiset suunnitelmat eivät myöskään olleet riittävällä tarkkuudella, jolloin siirtoreitit eivät toimi suunnitellusti ja välillä toimituksia joudutaan purkamaan lavoilta. Nykyisellään purkupaikkoja käytetään liian pitkään tavaran säilyttämisen, mikä lisää ahtautta ja hankaloittaa toimintaa.

Lindroosin ym. (2011) mukaan tornirakentamiseen liittyy ympäristön imagoon liittyvää arviointia, koska huolimattomasti sijoiteltuna ne voivat vaarantaa perinteisten maamerkkien hierarkkisen aseman. Kohdeyrityksessä yksi osa logistista suunnittelua oli arvioida ja pyrkiä minimoimaan hankkeiden aiheuttamaa häiriötä ympäristöön. Hankkeisiin havaittiin usein liittyvän kohonnutta kiinnostusta, jolloin on järkevää lisätä viestintää ympäristön kanssa. Käytännössä tämä toteutui ympäristön toimijoille tuotettavissa tiedotteissa tulevan ajanjakson toimituksista ja muista tapahtumista.

4.1.4 Logistiset laitteet ja ohjelmat

Nosto- ja siirtokalusto tulee valita hankkeen kannalta taloudellisesti ja turvallisesti, mahdollistaen rakentamisen etenemisen tuotantosuunnitelmien mukaisesti. Nostosuunnittelussa tarkastellaan nosto- ja siirtokalustoa kokonaisuutena, joka kattaa kaikki työmaan vaaka- ja pystysiirrot sekä rakennuksen ulko- että sisäpuolella. Työmaata tulee miettiä kokonaisuutena logistiikkaa suunniteltaessa. (Sahlstedt 2010) Kohdeyrityksen mallissa logistiikan siirtolaitteita arvioitiin kokonaisuutena, perustuen 3- tai 4D-mallinnuksiin. Nämä rajoittuivat kuitenkin pitkälti laitteiden ajankohtien ja toimitusreittien muuttumiseen, eikä kapasiteettitarpeen määrittämiseen ollut todellisia työkaluja. Kohdeyrityksen ratkaisu tyypillisten korkean rakentamisen kohteiden siirtolaitteiksi olivat lähes aina yksi tuplalkohissi ja yksi nosturi, mikä perustui pelkkään kokemukseen. Jäi epäselväksi, missä vaiheessa hankkeen laajuus ylittäisi sen pisteen, jossa kapasiteettia olisi pakko lisätä. Työpajan perusteella myös Suomessa haluttiin tarkastella laiteratkaisuja kokonaisvaltaisemmin ”todellisena pystysiirtosuunnitelmana”.

Kohdeyrityksessä kerroksiin vietävää materiaalia ja sieltä pois vietävää jätettä kerrottiin olevan paljon, jolloin siirtolaitteiden käyttöasteen maksimointiin kiinnitettiin paljon huomiota. Keinoja käyttöasteen parantamiseksi kerrottiin olevan toimitusten aikatauluttaminen, hissiliikenteen valvominen sekä käytön jaksottaminen ja pidentäminen. Työpajassa tiedostettiin laajasti nostokaluston

tärkeys. Erityisesti hissien tarkempi hallinta nähtiin hyödyllisenä, koska valvomattomana niiden käyttö on hyvin tehotonta. Työpajassa arvioitiin myös, että nykyisellään siirtoja ei seurata ja käytöstä saattaa olla matalampi kuin kuvitellaan. Sovittujen siirtojen ja purkualueen hyvissä ajoin etukäteen varaamista korostettiin, jotta toimitukset saadaan yhteensovitettua keskenään. Nähtiin myös, että nosturien varaus voi vaihtoehtoisesti olla enemmän nosto- kuin tuntiperusteista, jolloin tietyn nostomäärän jälkeen vuoro siirtyy heti seuraavalle järjestyksessä. Toimitusten ajankohtien siirtäminen pois tavallisesta työajasta nähtiin myös hyödyllisenä keinona vähentää ruuhka-ajan kapasiteettivajetta.

Kohdeyrityksessä korkean rakentamisen erityispiirteinä kerrottiin, että siirtokalusto on pidempään työmaalla, jolloin sen valintaan ja huoltoon on kiinnitettävä enemmän huomiota. Työpajassa esitettiin huoli nykyisestä toiminnasta, jonka mukaan nostokaluston toimintavarmuus ei ole vaa- ditulla tasolla ainakaan ympärivuotisesti ja huoltotoimien tulisi olla kattavampia. Logistiikassa pie- nikin siirtolaitteiden käyttökatko aiheuttaa suuren vaikutuksen koko työmaan toimintaan.

Logististen vastuiden ollessa jaettu kuten kohdeyrityksen mallissa on tärkeää tuottaa mittari- tietoa toimitusten onnistumisesta, mikä tarjoaa keinon objektiivisesti arvioida kunkin toimittajan (aliurakoitsijan) suoriutumista ja puuttua siihen, jos se on tarpeen. Kohdeyrityksen mittaaminen oli toimituseräkohtaista Riihimäki ym. (2009) kuvauksen mukaisesti ja se oli toteutettu yhdistet- tynä toimitusten varauskalenteriin, joka tuotti niistä samalla dataa. Tuotekohtaista mittaamista ei havaittu. Yrityksessä pyrittiin muutoinkin ottamaan käyttöön uusia teknologioita kuten toimitusten varauskalenteriin liitettävissä olevan kamerapohjaisen järjestelmän, joka tekisi mittaamisesta en- tistä tarkempaa ja automaattista. Tämä osaltaan viittaa Koskenvesan ja Sahlstedtin (2011) ku- vaukseen leanista jatkuvan parantamisen kulttuurina.

4.2 Tutkimuksen kritiikki

Diplomityö on rajattu opinnäyte, joka mahdollisti vain verraten suppean tutkimuksen toteutuk- sen valitusta aiheesta. Päättävöitteenä on esitellä tapa järjestää logistiikka korkean rakentamisen kohteessa ja arvioida sen soveltuvuutta Suomessa sekä samalla vastata pääkysymykseen edellä luvussa 4.1. Tutkimuksen tavoiteasettelua perustellaan korkean rakentamisen määrien kasvulla maailmalla ja kiinnostuksen kasvuna Suomessa etenkin viime vuosina, jolloin sen tuotannonhal- linnan keinoissa oletetaan oleva kehittämistä. Tämän lisäksi rakentamisen heikon tuottavuuden arvioidaan liittyvän pitkälti logistisiin haasteisiin, jotka voivat entisestään korostua, kun tehdään koreaa rakentamista. Korkean rakentamisen trendin ja sen tuoman logistiikan painoarvon kas- vuun perustuen tutkimuksen tavoiteasettelua voidaan pitää relevanttina. Päättäväite on myös saa- vutettu tutkimuksen osien toteutuksen ja alatavoitteiden kautta seuraavasti.

Johdannon tuotannonhallintaa käsittelevän alaluvun perusteella haluttiin voida peilata korkean rakentamisen logistiikkamallia lean-periaatteisiin ja arvioida kuinka virtaustehokkuutta lisätään ja hukkaa minimoidaan eri keinoin. Tämä tuotannonhallinnan ja leanin kuvaus toteutettiin ja vaikka molempien kuvaus jäikin hieman suppeaksi, onnistuttiin siihen perustuen erityisesti lean-periaat- teiden toteutumisen pintapuoleisessa arvioinnissa 4.1-luvussa.

Johdannon korkeaa rakentamista käsittelevässä alaluvussa pyrittiin käsittelemään korkean rakentamisen trendi, jotta saadaan käsitys sen maailmanlaajuisesta kasvusta ja nykyisestä kiinnostuksesta Suomessa, korkean rakentamisen määritelmiä perustuen suomalaisiin ja kansainvälisiin määritelmiin, jotta konteksti määritellään sekä korkean rakentamisen ominaispiirteet, jotta kuvataan sen toimintaympäristöä ja teknistaloudellisia piirteitä. Luvussa kuvattiin lyhyesti oleelliset trendit, määritelmät ja ominaispiirteet, jotka toimivat riittävänä työn kontekstin kuvauksena. Kuvattujen teknistaloudellisten piirteiden avulla voitiin perustella tiettyjä logistiikkamallinkin ratkaisuja paremmin. Korkean rakentamisen rakennustuotannon kannalta relevantin lähteen löytäminen osoittautui haasteelliseksi mutta sen jättämää aukkoa täydennettiin tapaustutkimuksen yhteydessä kerätyin tuotannollisin havainnoin.

Luvun 2 eli kirjallisuuskatsauksen alatavoitteena oli muodostaa kokonaiskuva logistiikan toimintaympäristöstä yleisesti, rakennusalaan sidotun logistiikan hyvistä toimintamenetelmistä sekä esitellä keinoja parantaa logistista prosessia työmailla. Geneerinen logistiikka kuvattiin Rushtonin ym. (2006) mukaisesti sellaisella tarkkuudella, jolla arvioitiin muodostettavan riittävä kuvaus kontekstiin sitomattomasta logistiikasta. Rakennusalan kontekstin logistiikka kuvattiin perustuen useampiin lähteeseen, joista käytettiin Riihimäen ym. (2009) kattavaa kuvausta luvun runkona, jota täydennettiin soveltuvin osin muilla lähteillä. Siten kuvattiin rakennusalan logistiikan tyypilliset prosessit, joita voitiin verrata korkean rakentamisen logistiikkamalliin. Haasteena luvussa olivat ristiriitaisuudet terminologiassa sekä eri kieliset lähteet, jolloin käännökset eivät välttämättä ole johdonmukaisia. Logistiikan määritelmät riippuivat lähteestä ja välillä samaa asiaa tarkoitettiin sanalla jakelu.

Tapaustutkimuksessa luvun alatavoitteena oli kuvata tapaustutkimus tutkimusmenetelmänä ja malli, jolla korkean rakentamisen logistiikka voidaan järjestää sekä raportoida ko. mallin hyviä käytäntöjä ja mahdollisia haasteita, jos niitä sovelletaan suomalaisessa rakentamisessa.

Luvussa kuvattiin tapaustutkimus Yinin (2014) mukaan, mikä on riittävä tutkimusmenetelmän kuvaus diplomityön laajuuteen.

Luvussa kuvattiin tapa järjestää logistiikka vastuiden, suunnittelun, suunnitelmien sekä laitteiden ja ohjelmien osalta. Logistisen mallin kuvaamisessa päädyttiin näihin kategorioihin, koska näin arvioitiin saavutettavan riittävän kattava kuvaus. Lisäksi havaintoja esitettiin työpajassa ja saatiin tietoa siitä, mitkä menetelmät olisivat hyödyllisimpiä ottaa käyttöön Suomessa. Työpajasta saatiin riittävästi validia palautetta, jotta mallin tärkeimpiä parannuksia suomalaiseen logistiikan järjestämiseen voitiin raportoida.

Datan keräämisessä pyrittiin käyttämään mahdollisimman montaa Yinin (2014) esittelemistä tutkimusaineiston keräämismenetelmistä, jotta saadaan luotettava ja tarkoitukseen soveltuvalla laajuudella esitettyä relevanttia tietoa kohteen logistiikan järjestämisestä. Menetelmistä käytössä olivat dokumentointi (esim. suunnitelmat), arkistoitu tieto (esim. henkilöstölistat), äänitetyt haastattelut, suorat havainnot (työn tarkkailut, kokouksiin osallistumiset). Haastattelut olivat tässä tutkimuksessa tärkein havaintojen lähde ja niiden perusteella osattiin myös suunnata muuta tiedonkeruuta. Haastattelujen suuri painoarvo selittyy osaltaan työmaan vaiheella vierailun aikana. Jos tapaustutkimus olisi suoritettu sisävalmistusvaiheen aikana olisi suurempi osuus voinut perustua

suoriin havaintoihin. Tapaustutkimuksessa ei käytetty osallistavaa havainnointia, koska ei vaikuttettu toimintaan vaikkakin sitä tarkkailtiin ns. "sisältä". Fyysisiä objekteja ei varsinaisesti myöskään kerätty, mutta esim. logistiikan varaamisen työkalua päästiin tarkastelemaan ja testaamaan koekäytössä ollutta versiota.

Tapaustutkimuksen havainnot perustuvat aineistosta tehtyyn tietokantaan, joka sisältää kaikki vierailun aikana tehdyt havainnot, asiakirjat, valokuvat ja äänitetyt haastattelut. Tietokanta ei tosin ole kovin järjestelmällisesti rakennettu eikä siitä ole tehty kovin selkeitä analysointiyhteenvetoja muuta kuin haastattelujen osalta. Nämä tapaustutkimuksen havainnot ja jäsenilleet työkalut toimivat tutkimuksen selkärankana ja muodostivat aihealueet ja rakenteen, jota täydennettiin muista menetelmistä tehdyillä poiminnoilla, mm. suunnitelmien kuvilla ja niiden sisällön raportoinnilla. Kestoltaan tapaustutkimus oli hyvä kuvaamaan todellista toimintaa ja riittävä, jotta relevanttia tietoa voitiin arvioida ja kerätä. On kuitenkin ilmeistä, että pidemmällä tarkkailujaksolla oltaisiin päästy paremmin käsiksi myös tehtyjen suunnitteluratkaisujen toimintaan käytännössä. Tässä tutkimuksessa ollaan pitkälti kuvattu prosessit ilman käytännön implementoinnin vaikutuksen toteutuksen mahdollisuutta.

Tapaustutkimuksen kohteeksi valittu organisaatio kuvasi hyvin tapaustutkimuksessa tavoiteltua korkean rakentamisen kokenutta toimijaa. Tämän lisäksi yhteistyö heidän kanssaan toimi hyvin ja oli luottamuksellista, minkä seurauksena päästiin laajasti käsiksi niin haastattelu- kuin dokumenttitietoon, joiden avulla saatiin kuvattua heidän käyttämä korkean rakentamisen logistiikkamalli mielekkäällä tarkkuudella. Tosin on ilmeistä, että useampia tapaustutkimuksen kohteita havainnoimalla olisi voitu tuottaa vähintään yhtä monta tyypillistä havaintoa korkean rakentamisen logistiikkamallista. Malli toimii kuitenkin hyvänä esimerkkinä eräästä tavasta sen järjestämisessä.

Tapaustutkimuksen kohteeksi valikoitui yritys kontaktoinnin, aikataulullisten yhteensopivuuksien sekä lopulta valinnan perusteella, jossa arvioitiin Toronton kuvaavan ilmastoltaan ja säädöksiltään riittävästi Suomen olosuhteita. Tämä arvio toimintaympäristöstä vastaavuudesta on todennäköisesti mallin tarkkuus huomioiden riittävän todenmukainen, mutta se jättää mahdollisuuden sille, että tosiasiaassa toimintaympäristö on osaltaan poikkeava, eikä malli näiltä osin soveltuva Suomeen. Esimerkiksi rakennusten tekniset vaatimukset tai työntekijöiden poikkeavat työehtosopimukset vaikuttavat malliin.

Keskeiset tulokset ja niiden vertailu aiempiin tutkimuksiin -luvussa arvioitiin esitetyn logistiikkamallin toimivuutta perustuen samaan jaotteluun kuin tapaustutkimuksessa se esitettiin. Jako näihin osa-alueisiin on osaltaan virheellinen, sillä todenmukaisempi kuvaus kaikista havainnoista olisi, että ne sisältyvät logistiseen suunnitteluun ja ko. suunnittelujen toimien ohjaukseen. Tämän seurauksena rajaaminen näihin aihealueisiin on osittain keinotekoinen mutta saattaa silti olla hyödyllinen mallin paremmin ymmärtämisessä. Logististen vastuiden valinta on puhtaasti suunnittelukysymys, mutta logistiikkamallin kuvauksessa se auttaa perustelemaan valittuja toimia. Jako logistisen suunnittelun ja logististen suunnitelmien välillä saattaa myös olla harhaanjohtava, mutta näin voitiin erottaa suunnittelussa käytetyt tekniikat ja periaatteet sekä suunnittelun itse tuotokset. Logistiset laitteet ja ohjelmat –osio on suunnittelulle alisteinen kuten vastuutkin mutta auttaa viestimään tehtyjä fyysisiä valintoja ja ohjelmia.

Tutkimusta kokonaisuudessaan reflektoiden olisi ollut yksinkertaisempaa valita viitekehys jokin tietty logistinen malli, johon korkean rakentamisen logistiikkamallia oltaisiin verrattu. Tämä viitekehysen toteutuksen vertailu olisi ollut selkeämpää, voinut ohjata tapaustutkimusaineiston keräämisessä ja tehnyt johtopäätösten teosta suoraviivaisempaa. Tällä tutkimuskenteellä raportointi on osittain epälineaarista, mikä voi hankaloittaa mallin hahmottamista.

4.3 Tulosten yleistettävyys

Tutkimuksessa on käytetty tapaustutkimusta tärkeimpänä tutkimusmenetelmänä, joka valittiin koska Yinin (2014) mukaan se soveltuu erityisesti kompleksisten tutkimuskohteiden ymmärtämiseen, tuottaa kokonaisvaltaisen ja todelliseen maailmaan kytkeytyneen kuvauksen. Tapaustutkimuksen havainnot kuvastavat yhden, omassa toimintaympäristössään toimivan, projektinjohtorakentajan korkean rakentamisen logistiikkamallia, jota ei voida täysin generalisoida kaikkiin korkean rakentamisen hankkeisiin Suomessa. Osaa sen johtopäätöksistä voidaan hyödyntää myös muissa logistisesti haastavissa hankkeissa korkean rakentamisen lisäksi. Malli voi kuitenkin toimia virikkeenä oman logistiikkamallin toteutukselle. Yrityskohtaisten erojen arviointi ja huomiointi voi parantaa mallin yleistettävyyttä.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Korkeassa rakentamisessa logistinen suunnittelu tulee aloittaa huomattavan aikaisin, jotta eri toteutusmalleja voidaan arvioida kokonaisvaltaisesti. Suunnittelussa tulee hyödyntää yhteistyötä, jotta logistisista suunnitelmista saadaan mahdollisimman toteutuskelpoisia. Suunnitteluprosessin osana sekä sen lopputuloksena on erityisen hyödyllistä tehdä suunnitelmia visuaalisena, jolloin niiden toimivuuden arviointi ja hyöty ohjaustyökaluna selkenee. Tornirakentamisessa on monia erityispiirteitä, jotka vaikuttavat logistiikkaan ja jonka vuoksi se vaatii poikkeuksellista huomiota. Näitä erityispiirteitä ovat lueteltu seuraavasti.

Sijainti keskeisellä alueella ja tiiviissä kaupunkiympäristössä. Tornirakentamisen taloudellisen toteutusyhtälön seurauksena, niiden rakentamisen sinne, missä olisi paljon tilaa ympärillä on usein kannattamatonta. Tiiviisti rakennettu ympäristö aiheuttaa erityistä tarvetta panostaa logistiiseen toimintaan. Yleensä korkeiden rakennusten pohjapinta-ala on suuri suhteessa tontin kokoon, minkä seurauksena purkupaikat ovat pieniä tai ne ovat pelkkiä kaupungilta vuokrattuja ajokaistoja työmaan laidalla. Tällöin niiden suunnitteluun on kiinnitettävä erityistä huomiota ja niiden käyttöaste on pyrittävä pitämään tavanomaisesta poikkeavin keinoin korkeana. Eräs keino tehostaa käyttöastetta on toimitusten tarkka aikatauluttaminen. Tiiviin kaupunkiympäristön ja yleisesti korkeaan rakentamiseen kohdistetun kiinnostuksen seurauksena myös ympäristön muiden toimijoiden kiinnostus hanketta kohtaan on koholla, joten ulkopuolisten häiriöiden minimointiin ja ylipäänsä viestintään on kiinnitettävä erityistä huomiota. Eräs keino viestinnän parantamiseksi on säännöllinen tiedottaminen toiminnasta mm. tulevien poikkeavien toimitusten tai väliaikaisten nostolaitteiden osalta.

Korkean rakentamisen luonteesta johtuen, materiaalien siirto työmailla on vertikaalisempaa kuin matalammassa rakentamisessa. Tällöin siirtokaluston suunnittelu vaatii tarkkuutta, jotta kohteen materiaalsiirrot saadaan tehtyä tehokkaasti mutta taloudellisesti. Siirtolaitteet, tyypillisesti ulkohissit ja nosturi, ovat myös pidempään työmaalla, jolloin niiden huollon tulee olla järjestelmällistä, koska työmaan toiminta voi lamaantua, jos jokin laitteista lakkaa yllättäen toiminnasta. Siirtolaitteiden käyttöä tulee myös tarkkailla, sillä on havaittu, että valvomattomana niiden käyttö on tehotonta. Työntekijät saattavat odottaa hissiä pieniinkin kerrossiirtymiin kävelemisen sijasta, mikä vähentää itse työntekijän ja muiden hissiä odottavien työntekijöiden arvoa tuottavan työn määrää. Arvoa lisäävän työn määrää voidaan lisätä tekemällä kerroksiin taukotiloja ja vessoja, jolloin tauoille ei tarvitse mennä niin kauas. Hissien ja nosturien käytön tulee olla suunniteltua, jotta sen käyttöaste saadaan pidettyä korkeana. Keinoja tähän ovat esim. hissioperaattorin käyttö, mikä estää turhan hissillä ajelun, siirtojen tarkka aikatauluttaminen, jolloin vain varatun vuoron materiaalia siirretään sekä käyttöaikojen pidentäminen, jolloin yö- ja ilta-aikaan suoritetaan materiaalsiirtoja ja jätehuoltoa päivittäistä toimintaa häiritsemättä. Toimitukset kannattaa toteuttaa varauskalenterin mukaan, jonka toteutumisesta tulee kerätä mittaritietoa. Mittaritiedon avulla voidaan puuttua poikkeamiin ja ennaltaehkäistä toimitusten häiriöitä.

Korkeilta rakennuksilta vaaditaan yleensä normaalia korkeampaa arkkitehtonista laatutasoa. Eräs sivuvaikutus tällä on hankkeisiin liittyvä tavallista korkeampi projektikohtaisten tuotteiden osuus. Näiden tuotteiden toimitusketjut ovat usein monimutkaisia, niiden suunnittelu vaatii huomattavasti aikaa, toimitusajat ovat pidempiä ja niiden asentamiseen saatetaan vaatia poikkeuksellisia laitteita ja nostimia. Esimerkkejä näistä tuotteista ovat mm. erikoiset teräsrakenteet, julkisivun komponentit ja konehuoneiden esivalmistetut kokonaisuudet. Näiden tuotteiden toimitusketjujen suunnittelu on erityisen tärkeää hankkeen onnistumisen kannalta ja niihin varattava aika arvioidaan usein alakanttiin. Suunnittelun alusta toimitukseen tulee usein varata jopa 1,5-2 vuotta.

Korkeassa rakennuksessa on suhteessa pinta-alan enemmän talotekniikkaa ja rakennusmateriaaleja, mikä heikentää niiden tehollista pinta-alaa ja nostaa rakentamisen kustannuksia. Tällöin kaikki keinot, joilla voidaan pienentää rakennustuotannon kustannuksia ovat urakoitsijoille tärkeitä. Koska korkean rakentamisen hankekoot ovat tyypillisesti isompia, pienilläkin suhteellisilla säästöillä voidaan hankkeessa saavuttaa merkittävä absoluuttinen kannattavuus. Suurempi materiaaliarve lisää siirtojen määrää ja logistiikan kustannuksia kokonaisuudessaan. Siirtojen ja jätteiden syntymisen määrää voidaan vähentää esivalmistusta ja –asennusta lisäämällä. Logististen vastuiden määrittely on tällöin korostuneen tärkeää. Hankinnan kannalta logistiset mallit ja vastuunjako tulee olla tehtynä jo hyvissä ajoin ennen aliurakoiden kilpailuttamista, jotta se voidaan esittää oikein osana tarjouspyyntöjä. Ulkoistamalla osa logistiikan palveluista, kustannusrakenteesta voidaan saada läpinäkyvämpi ja ennustettavampi.

Tässä tutkimuksessa havaittiin, että siirtolaitteiden kapasiteetin määrittämiseen ei ole käytännöllisiä työkaluja. Kohdeyrityksen logistiikkamallissa ongelma ratkaistiin siten, että kokoluokaltaan vastaavat hankkeet toteutettiin aina samoilla kokemukseen perustuvalla siirtokalustolla, joiden käyttöastetta säätämällä päästiin tarvittuun kapasiteettiin. Jäi epäselväksi, milloin hankekoko ylittää kriittisen rajan, jolloin siirtolaitteita tarvitaan hankkeeseen enemmän. Tähän siirtokapasiteetin määrittämisen ongelmaan voi siten olla hyödyllistä kohdistaa jatkotutkimuksia. Jatkotutkimuksen avulla voitaisiin vastata tutkimuskysymykseen ”Miten voidaan mitoittaa rakennushankkeen optimaaliset logistiset siirtolaitteet?”

Tässä tutkimuksessa ei myöskään varsinaisesti käsitelty logistiikan kustannuksia mutta työpajan perusteella niihin haluttaisiin parempaa ennustettavuutta. Eri logististen mallien kustannusten arviointi voisi myös olla jatkotutkimuksen kohteena, jolloin vastattaisiin kysymykseen ”Kuinka eri logististen mallien kustannuksia voidaan ennustaa ja verrata?”

LÄHTEET

- Helsingin kaupunki, 2018. Korkean rakentamisen rakentamistapaohje 2018. Ohjekortit. Helsinki. Saatavilla: https://www.hel.fi/static/rakvv/ohjeet/KORKEAN_RAKENTAMISEN_RAKENTAMISTAPAOHJE_OHJEKORTIT.pdf
- Junnonen, J-M., 2010. Talonrakennushankkeen tuotannonhallinta. Suomen rakennusmedia. Helsinki.
- Keskiniva, K., Junnonen, J. & Saari, A., 2018. Virtauttamisen toteutuksen periaatteet ja soveltamismahdollisuudet rakennushankkeissa: Rain-tutkimushankkeen osaraportti 1. (Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laboratorio. Rakennustuotanto ja -talous. Raportti; Vuosikerta 23). Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laboratorio.
- Koskela, L., 2000. An exploration towards a production theory and its application to construction. Espoo. Technical Research Centre of Finland, VTT Publications.
- Koskenvesa, A. & Sahlstedt, S., 2011. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Tampere. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS.
- Lean Construction Institute, 2019. Mitä on lean? Saatavilla: <http://lci.fi/mita-on-lean-rakentamisen/>
- Lindroos, A., Jalkanen, R., Kurki-Issakainen, K., Manninen, R., Saarinen, P., Silfverberg, L., Tuuttila, J., Haapanen, S., Kytösaho, I., Veijalainen, J., Levanto, R., Pyykkönen, H. & Pakkala, P., 2011. Korkea rakentaminen Helsingissä. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston asemakaavaosaston selvityksiä 2011:4. Helsingin kaupunki. Helsinki. Saatavilla: https://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/aos_2011-4.pdf
- Lohilahti, O. & Mölsä, S., 2017. Rakennusalalla työn tuottavuus ei ole kasvanut 40 vuodessa - onko allianssista tai leanista apua? Rakennuslehti. Saatavilla: <https://www.rakennuslehti.fi/2017/09/rakennusalalla-tyon-tuottavuus-ei-ole-kasvanut-40-vuodessa-onko-allianssista-tai-leanista-apua/>
- Modig, N. & Åhlström, P., 2018. Tätä on Lean. Seitsemäs painos. Tukholma. Rheologica Publishing.
- Mäki, T. & Koskenvesa, A., 2008. Aikataulukirja. Tampere: Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS.
- Riihimäki, M., Palolahti, T., Koski, H., Kiviniemi, M. & Sahlstedt, S., 2009. Rakennustyömaan toimitusten ohjaus. Helsinki. Rakennusteollisuus RT ry, VTT & Mittaviiva Oy.
- Rushton, A., Croucher, P. & Baker, P., 2006. The handbook of logistics and distribution management. Kolmas painos. Lontoo, Iso-Britannia & Philadelphia, Yhdysvallat. Kogan Page Limited.
- Sahlstedt, S., 2010. Työmaan toimitusten suunnittelu ja ohjaus, S-1227. Mittaviiva Oy. Rakennustieto Oy, Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS.
- Seppänen, O. & Peltokorpi, A., 2016. A New Model for Construction Material Logistics: From Local Optimization of Logistics Towards Global Optimization of On-Site Production System. In: Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Boston, MA, USA, sect.2 pp. 73–82.

- Seppänen, O., 2018. FinnBuildin teemat vastaavat rakentamisen haasteisiin. Tiedote. Saatavilla: <https://messukeskus.com/press-release/finnbuidin-teemat-vastaavat-rakentamisen-haasteisiin/>
- Tampereen yliopiston tekniikan alan opinnäytteiden kirjoitusohje. Tampereen yliopisto, Tampere, 2018. Saatavissa: POP > Opiskelu > Diplomityö > Diplomityöohje
- Tetik, M., Peltokorpi, A., Holmström, J., Seppänen, O., 2018. Impacts of an assembly kit logistic solution in renovation projects: a multiple case study with camera-based measurement. 25th European Operations Management Association Conference, 24-26 June, Budapest, Hungary.
- The Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH), 2019. CTBUH Height Criteria.
- Tilastokeskus, 2018. 002 -- Arvonlisäykseen perustuva työn tuottavuus toimialoittain 1976-2017. Saatavissa: Stat.fi > StatFin > Kansantalous > Tuottavuustutkimukset
- Urban Hub, 2019. Recording tall tales: The Council on Tall Buildings and Urban Habitat. Saatavilla: <http://www.urban-hub.com/buildings/02-15-recording-tall-tales-the-state-of-high-rises/>
- Vesanto, T., Keskikastari, P., Jokitalo, A-L., Lehtonen, T., Paasikivi, I., Tyni-Kyllö, K., Birkstedt, R., Hintsanen, T., 2017. Turun korkean rakentamisen selvitys. Turun kaupungin ympäristötoimialan kaupunkisuunnittelu. Turku. Saatavilla: https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/turun_korkean_rakentamisen_selvitys_id_74071.pdf
- Wray, S., 2018. 'Mini cities': The rise of tall buildings. SmartCitiesWorld. Saatavilla: <https://www.smartcitiesworld.net/opinions/opinions/mini-cities-the-rise-of-tall-buildings>
- Yhdistyneet kansakunnat, 2018. 68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN. Saatavissa: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>
- Yin, R., 2014. Case Study Research: Design and Methods. Fifth edition. Sage Publications, Inc.
- Ylä-Anttila, K. & Moisala, A., 2012. Korkean rakentamisen selvitys Tampereen keskusta-alueella. Tampereen kaupunki, Keskustahanke. Tampere. Saatavilla: <https://www.tampere.fi/liitteet/k/6C92ilb5A/korkeanrakentamiseselvitys.pdf>

LIITE A: TORONTON LOGISTIIKKAMALLIN KOMMENTOINTILOMAKE

TORONTON LOGISTIIKKAMALLIN KOMMENTIT

Osallistujilta pyydetään kommentteja siitä, kuinka Torontosta tehdyt havainnot soveltuvat Suomeen. Kysymykset koskevat logistiikan vastuita (1), suunnitelmia (2) ja laitteita (3). Kommentteja käytetään osana diplomityötä *Korkean rakentamisen logistiikkamalli*.

1. Torontossa logistiikan vastuut oli jaettu siten, että aliurakoitsija on vastuussa toimitukselle ajan varaamisesta ja sen mukaisista pysty- ja vaakasiirroista työmaalla. Projektinjohto tarjoaa käyttöön hissit ja nosturit, joiden operaattorit valvovat varattujen aikojen noudattamista.
Pitäisikö aliurakoitsijoiden itse olla vastuussa kaikista siirroista myös Suomessa? Mitä ongelmia tästä voi seurata?

2. Torontossa logistiikan suunnitelmia tehtiin usein visuaalisina (4D-visualisointi, fyysinen 3D-malli neukkarissa). Kaikkien vaiheiden aluesuunnitelmat tehtiin tarkkana jo ennen rakentamisen aloitusta. Taukotiloja tehtiin rakennukseen, jolloin tauoille menemiseen ei kulu niin paljoa aikaa. Esivalmistusta pyrittiin maksimoimaan.
Mitä opittavaa Suomessa olisi logistisiin suunnitelmiin liittyen?

3. Torontossa 30-50 kerroksiset rakennukset tehtiin lähes poikkeuksetta yhdellä torninosturilla ja tuplalkohissillä. Koneiden käyttöä seurattiin tarkasti, jolloin niiden kapasiteetti oli riittävä, vaikka kerroksiin kuljetettiin tavaraa enemmän kuin täällä. Hissejä käyttivät ainoastaan hissioperaattorit. Materiaalin siirrot ja jätehuolto ajoitettiin pääsääntöisesti työaikojen ulkopuolelle.
Miten Suomessa voidaan parantaa laitteiden tehokkuutta? Mitä siirtolaitteita tarvitaan? Havaittuja ongelmia laitteiden käytössä?
